



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE
DOUTORADO EM ASSOCIAÇÃO PLENA EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**



FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR

**ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA O USO SUSTENTÁVEL DE
MADEIRAS DA CAATINGA EM CERCAS DO SEMIÁRIDO DO BAIXO
SÃO FRANCISCO**

São Cristóvão – Sergipe

Fevereiro/2017



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO
AMBIENTE
DOUTORADO EM ASSOCIAÇÃO PLENA EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE**



FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR

**ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA O USO SUSTENTÁVEL DE
MADEIRAS DA CAATINGA EM CERCAS DO SEMIÁRIDO DO BAIXO
SÃO FRANCISCO**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente como parte dos requisitos necessários para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe.

Orientador: Prof. Dr. Adauto de Souza Ribeiro e

Coorientação: Prof. Dr. Claudio Sergio Lisi.

São Cristóvão – Sergipe

Fevereiro/2017

**FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL
UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE**

N778a Nogueira Júnior, Francisco de Carvalho.
Alternativas tecnológicas para o uso sustentável de
madeiras da Caatinga em cercas do semiárido do baixo
São Francisco / Francisco de Carvalho Nogueira Júnior
; orientador Adauto de Souza Ribeiro . – São Cristóvão,
2017.
252 f. : il.

Tese (Doutorado em Desenvolvimento e Meio
Ambiente) – Universidade Federal de Sergipe, 2017.

1. Meio ambiente e desenvolvimento sustentável –
Paulo Afonso, BA. 2. Madeira - Manejo. 3. Caatinga. I.
Ribeiro, Adauto de Souza, orient. II. Título.

CDU 502.131.1(813.8)



Universidade Federal de Sergipe
Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa
Programa de Pós-Graduação em
Desenvolvimento e Meio Ambiente



FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR

ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA O USO SUSTENTÁVEL DE MADEIRAS
DA CAATINGA EM CERCAS DO SEMIÁRIDO DO BAIXO SÃO FRANCISCO

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente, como requisito final para a obtenção do título de Doutor em Desenvolvimento e Meio Ambiente pela Universidade Federal de Sergipe.

Aprovada em 14 de fevereiro de 2017.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Adauto de Souza Ribeiro
Orientador

Dr. Jochen Schöngart
Examinador externo

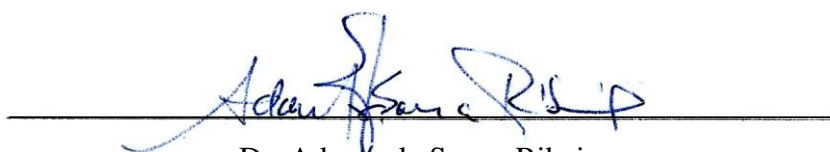
Dr. Anderson Nascimento do Vasco
Examinador externo

Dr. Laura Jane Gomes
Examinador interno

Dr. Inajá Francisco de Souza
Examinador interno

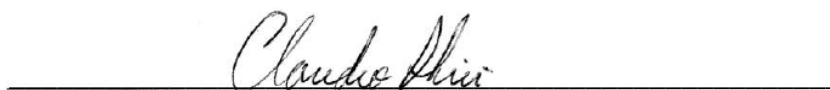
São Cristóvão – Sergipe

Este exemplar corresponde à versão de Tese de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente concluído no Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS).



Dr. Adauto de Souza Ribeiro

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe



Dr. Cláudio Sérgio Lisi

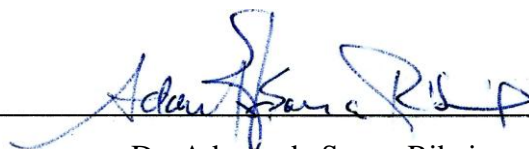
Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Caatinga – NEPEC
Universidade Federal de Sergipe

É concedido ao Programa em Desenvolvimento e Meio Ambiente (PRODEMA) da Universidade Federal de Sergipe (UFS) responsável pelo Curso de Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente permissão para disponibilizar, reproduzir cópia desta Tese e emprestar ou vender tais cópias




Francisco de Carvalho Nogueira Júnior

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe



Dr. Adauto de Souza Ribeiro

Programa de Pós-Graduação em Desenvolvimento e Meio Ambiente – PRODEMA
Universidade Federal de Sergipe



Dr. Cláudio Sérgio Lisi

Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Caatinga – NEPEC
Universidade Federal de Sergipe

DEDICATÓRIA

*A Deus, pois sem Ele não teria escrito sequer uma palavra.
A todos que, por AMOR, me aguentaram e suportaram meus picos de humor.
“In memoriam”, PAI, TE AMO e sinto muito sua falta (...).*

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar a Deus e minha família. A minha Mãe, meu saudoso Pai, seu Nogueira, que tanto faz falta (...). Sou grato a meus irmãos que sempre me apoiaram e incentivaram desde o início quando tive inúmeras dificuldades para me adequar à realidade enfrentada por nossa família na década de 80.

Sou grato a minha esposa, Andréa, pessoa maravilhosa que tanto amo e admiro. Sempre esteve ao meu lado incentivando e ajudando, mesmo tendo que cuidar dos nossos três filhos, em paralelo ao trabalho de professora e obrigações de mãe. Meus filhos Fernando, Daniel e seu Francisco, que nasceu durante meu Doutorado.

Agradeço ao professor Aduino por ter acreditado em mim desde a Graduação quando o conheci e nossa amizade se iniciou. Um homem admirável, de bom coração, generoso, e, especialmente, dotado de grande facilidade para motivar as pessoas, o que aconteceu quando, através de sua intervenção, decidi retomar os estudos (Mestrado) já tendo deixado o âmbito acadêmico por questões de trabalho. Foi graças a ele que entendi a importância de continuar estudando, de buscar a especialização e, principalmente, obter o título de Doutor. Muito obrigado professor Aduino de Souza Ribeiro.

Agradeço também ao Cláudio, pessoa singela, simples e humilde, de grande conhecimento, mas sem qualquer expressão de superioridade, sempre disposto a ajudar e que foi determinante na minha formação. Foi o senhor quem me motivou a estudar (Mestrado) os anéis de crescimento em espécies da Caatinga, mesmo sem ter certeza alguma de que isso poderia dar resultado, e deu, e como deu. Muitos trabalhos já ocorreram, mas guardo comigo o orgulho de ter sido o primeiro e saber que tudo que aprendi sobre dendrocronologia devo ao senhor. Muito obrigado professor Cláudio Sérgio Lisi.

Vocês dois, meus MESTRES, são muito mais que ORIENTADORES, são meus amigos, pessoas que confio e que quando preciso sei que posso contar. Sem dúvida nenhuma vocês foram para mim verdadeiros PROFESSORES e possibilitaram o meu crescimento profissional e pessoal. Muito obrigado pela confiança e oportunidade. Que Deus os abençoe sempre.

Sou grato também a Mariana Pagotto, minha colega, amiga e agora Mamãe (Parabéns). Você sempre me motivou e sou muito grato por tudo que você fez por mim. Sua ajuda durante a construção dessa Tese foi decisiva para sua conclusão. Agradeço pela parceria e contribuições

dadas nas diversas discussões que tivemos em relação a minha Tese e nossos trabalhos. Obrigado, e parabéns pela dádiva de ser Mãe, felicidades a você e ao seu esposo. Muita saúde para seu filho.

Também agradeço a todos do Laboratório (LAVD), principalmente pela paciência e contribuições. Agradeço em especial ao Roberto por ter disponibilizado parte do seu tempo, mesmo na correria do seu Mestrado, o que foi decisivo para a construção de diversas ideias que acabaram colaborando no enriquecimento desta Tese.

Agradeço a Universidade Federal de Sergipe (UFS-SE), a todos os docentes que tive contato desde a minha graduação em Ciências Biológicas, depois ao Mestrado em Ecologia e Conservação da Caatinga (NEPEC), e em particular ao PRODEMA, que aqui teço especial agradecimento a professora Maria José. A senhora foi muito importante para mim em diversas oportunidades, mas a mais importante de todas foi quando acreditou em meu projeto de Tese, mesmo já tendo desistido de um projeto (Mestrado) aprovado aí mesmo no PRODEMA no passado, pois acabei passando (na época) tanto no NEPEC como no PRODEMA, e acabei optando pelo Mestrado em Ecologia. Sua confiança em mim e principalmente sua honestidade, profissionalismo e bom coração, sempre me chamaram a atenção. Obrigado professora Maria José, que Deus a abençoe sempre.

Agradeço a Universidade Federal de Viçosa (UFV-MG), em particular a professora Ana Márcia e aos técnicos de Laboratório Osvaldo e Leila. Sem a ajuda de todos vocês não teria obtido os resultados físicos (mecânicos), químicos e anatômicos contidos nesta Tese. Desde o primeiro contato que fiz junto ao Departamento de Engenharia Florestal e ao laboratório de Propriedades da Madeira, sempre fui bem tratado e auxiliado em tudo que solicitei. Muito obrigado por terem disponibilizado os equipamentos, o tempo e dedicação, para que pudéssemos atingir os resultados alcançados. Que Deus abençoe a todos vocês.

Agradeço ao professor Dr. Stephen Ferrari pela grande contribuição dada nesse trabalho através da tradução dos manuscritos referentes aos resultados gerados para a espécie invasora *Prosopis juliflora* e nativa *Schinopsis brasiliensis*, o que facilitou o encaminhamento para revistas de maior impacto acadêmico favorecendo a divulgação dos resultados obtidos nessa Tese.

Agradeço também ao Instituto Federal de Sergipe (IFS-SE), em particular ao campus São Cristóvão-SE, onde trabalho, pelo apoio dado desde que ingressei no Doutorado. Sempre que

necessário, tive a compreensão dos gestores, em especial, do diretor geral o professor Alfredo Franco Cabral, do diretor de ensino professor Marco Arlindo e da gerente de ensino professora Juliana Sérgio.

Agradeço a todos os produtores rurais que confiaram em mim e permitiram que adentrasse às suas residências e realizasse esse estudo. Meu obrigado especial ao senhor Edson (mateiro) que sempre me acompanhou durante os trabalhos em campo, o que facilitou muito o encontro das árvores utilizadas na construção das cronologias, bem como favoreceu a minha aceitação perante a comunidade o que contribuiu de modo determinante para a construção desses resultados.

Agradeço também aos meus alunos do curso Técnico em Agropecuária e Superior em Agroecologia do IFS São Cristóvão-SE, por terem tido paciência e compreensão quando, por inúmeros momentos, ouviam-me falando da Tese, empolgado com os resultados e descobertas. Vocês sempre me apoiaram e incentivaram e isso foi muito importante para que pudesse continuar a realizá-lo. Obrigado.

DAQUILO QUE EU SEI

*Daquilo que eu sei
Nem tudo me deu clareza
Nem tudo foi permitido
Nem tudo me deu certeza...*

*Daquilo que eu sei
Nem tudo foi proibido
Nem tudo me foi possível
Nem tudo foi concebido...*

*Não fechei os olhos
Não tapei os ouvidos
Cheirei, toquei, provei
Ah Eu!
Usei todos os sentidos
Só não lavei as mãos
E é por isso que eu me sinto
Cada vez mais limpo!
Cada vez mais limpo!
Cada vez mais limpo!*

Ivan Lins

RESUMO

No escopo deste estudo buscou-se na interdisciplinaridade uma solução para práticas sustentáveis na construção de cercas e conservação com as espécies nativas. Os objetivos deste trabalho foram desvendar as preferências dos proprietários rurais da região de Paulo Afonso-BA, quanto as espécies nativas utilizadas na construção de suas cercas mortas e avaliar qualitativamente o estado de conservação dessas madeiras. A metodologia interdisciplinar permitiu a descoberta de uso de oito espécies de madeiras sendo uma exótica, As duas espécies preferidas pelos produtores rurais foram a Braúna, *Schinopsis brasiliensis* Engl. espécie nativa, e a Algaroba, *Prosopis juliflora* (Sw) DC, espécie exótica do semiárido Peruano e invasora da Caatinga do NEB. A escassez das espécies nativas nas cercas, no entanto, foi constatada através do processo de substituição das estacas nativas pelo uso das estacas da exótica Algaroba. Avaliou-se interdisciplinarmente os aspectos dendroecológicos, anatômicos e tecnológicos (físicos e químicos) em estágio de madeira viva e morta (estacas) com a finalidade de validar o estado de conservação da madeira morta, e as estratégias adaptativas de sobrevivência e suas respostas às condições climáticas em madeira viva. Os resultados obtidos para o estudo anatômico, físico e químico do estado de biodegradação das estacas, indicaram esgotamento das espécies nativas utilizadas nas cercas. O estágio atual de conservação das cercas compromete as espécies nativas, em função da necessidade iminente de substituição dessas estacas, sugerindo manejo/controle imediato da espécie *P. juliflora*. A construção de cronologias de anéis de crescimento dessas duas espécies permitiu avaliar localmente a influência do clima da região sobre seu crescimento na Caatinga, a partir da avaliação das diferentes variáveis ambientais locais e eventos climáticos globais para o ENSO e a TSA. A cronologia de *P. juliflora* se deu entre o período de 1975-2015, com intercorrelação de 0,531 e taxa média de incremento anual de 3,71 mm, enquanto a cronologia de *S. brasiliensis* ocorreu entre 1963-2015, com intercorrelação de 0,560, e taxa média de incremento anual de 3,33 mm. O crescimento da espécie *P. juliflora* apresentou correlação com a precipitação anual (52%), estação chuvosa outono/inverno (0,57) e trovoadas (0,35), estando inversamente correlacionada com a temperatura média (-0,47), temperatura máxima (-0,31) e a insolação (-0,43). O crescimento da espécie *S. brasiliensis* apresentou correlação com a precipitação anual (0,71), estação chuvosa outono/inverno (0,64), umidade (0,39) e trovoadas (0,46), estando inversamente correlacionada com a temperatura do ar (média: -0,59; máxima: -0,41), insolação (-0,51) e evaporação (-0,35). As conclusões observadas foram que a espécie *P. juliflora*, desde sua introdução em meados da década de 60, ampliou sua área de vida através do seu favorecimento em função das condições climáticas locais e ação dos processos de degradação antrópica da Caatinga através da retirada de suas madeiras, o que está levando a escassez das espécies nativas. Por outro lado o baixo custo das estacas de *P. juliflora*, madeira tecnologicamente resistente à biodegradação tem viabilizado o processo de substituição das madeiras nativas. Do ponto de vista ecológico e de conservação, são necessárias medidas mitigadoras de controle dessa espécie exótica.

Palavras-chaves: Conservação de cercas; Dendrocronologia; *Schinopsis brasiliensis*; *Prosopis juliflora*.

ABSTRACT

In the scope of this study, a interdisciplinarity approach was sought for sustainable practices in the construction of fences and conservation with native species. The objectives of this work were to uncover the preferences of the rural owners of the Paulo Afonso-BA region, as well as the native species used in the construction of their dead fences and qualitatively evaluate the state of conservation of these woods. The interdisciplinary methodology allowed the discovery of the use of 8 species of wood being an exotic, The two species preferred by the rural producers, Braúna, *Schinopsis brasiliensis* Engl. Native species, and Algaroba, *Prosopis juliflora* (Sw) DC, an exotic species from the Peruvian semi - arid and invasive of the NEB Caatinga. The scarcity of the native species in the fences, however, was verified through the process of replacing the native cuttings by the use of the cuttings of the exotic Algaroba. We evaluated interdisciplinary dendroecological, anatomical and technological aspects (physical and chemical) in the stage of living and dead wood (stakes) in order to validate the state of conservation of dead wood, and adaptive survival strategies and their responses to climatic conditions in Living wood. The results obtained for the anatomical, physical and chemical study of the state of biodegradation of the cuttings, indicated exhaustion of the native species used in the fences. The current stage of conservation of the fences compromises the native species, due to the imminent need for substitution of these stakes, suggesting immediate management of the *P. juliflora* species. The construction of chronologies of growth rings of these two species allowed to evaluate locally the influence of the climate of the region on its growth in the Caatinga, from the evaluation of different local environmental variables and global climatic events for ENSO and TSA. The chronology of *P. juliflora* occurred between the period 1975-2015, with an inter-correlation of 0.531 and an average annual rate of increase of 3.71 mm, while the chronology of *S. brasiliensis* occurred between 1963-2015, with inter- Correlation of 0.560, and mean annual rate of increase of 3.33 mm. *P. juliflora* showed a correlation with annual precipitation (52%), autumn / winter rainy season (0.57) and thunderstorms (0.35), being inversely correlated with mean temperature (-0.47), Maximum temperature (-0.31) and insolation (-0.43). The growth of *S. brasiliensis* showed a correlation with annual precipitation (0.71), rainy season autumn / winter (0.64), humidity (0.39) and thunderstorms (0.46), being inversely correlated with temperature Of the air (average: -0.59, maximum: -0.41), insolation (-0.51) and evaporation (-0.35). The conclusions reached were that the *P. juliflora* species, since its introduction in the mid-1960s, have expanded their living area by favoring them as a function of local climatic conditions and the action of the anthropic degradation processes of the Caatinga through the withdrawal of their Which is leading to scarcity of native species. On the other hand, the low cost of the *P. juliflora* cuttings, wood technologically resistant to biodegradation has enabled the process of native wood substitution. From the ecological and conservation point of view, mitigating measures of control of this exotic species are necessary.

Keywords: Conservation of fences; Dendrochronology; *Schinopsis brasiliensis*; *Prosopis juliflora*.

RESUMEN

En el ámbito de este estudio hemos realizado un tratamiento interdisciplinario que permita una solución para efectuar prácticas sostenibles y de conservación en la construcción de vallas con especies nativas. Los objetivos de este estudio fueron determinar las preferencias de los propietarios de la región Paulo Afonso-BA, sobre las especies nativas utilizadas en la construcción de sus cercas y evaluar cualitativamente el estado de conservación de estas maderas. Un criterio metodológico interdisciplinario permitió identificar ocho especies nativas y una exótica como las proveedoras de madera preferidas por los agricultores para objetivos de construcción. Brauna, *Schinopsis brasiliensis* Engl. especie nativa, y Algaroba, *Prosopis juliflora* (Sw) DC, especie exótica del semiarido del Perú e invasiva en la Caatinga del NEB. La escasez de especies nativas para construcción de cercas, sin embargo, se ha solucionado parcialmente mediante la sustitución por estacas del mezquite. Evaluar este recurso mediante la combinación de técnicas dendroecológicas, anatómicas y tecnológicas (física y química) en condiciones de madera viva y muerta con el fin de validar el grado de conservación de la madera, como también las estrategias adaptativas de supervivencia y sus respuestas a condiciones climáticas de los árboles vivos. Los resultados obtenidos de estudios anatómicos y el estado físico y químico de la biodegradación indican que existe un proceso de agotamiento de las especies nativas cuando son utilizadas para construcción de cercas. El estado actual de conservación de las cercas compromete a las especies nativas, debido a la necesidad inminente por sustituir estas estacas, lo que sugiere la gestión y control inmediato de la especie *P. juliflora*. La formación de los anillos de crecimiento de estas dos especies permite evaluar la influencia del clima de la región en su crecimiento en la región de la Caatinga, a partir de la comparación con diferentes variables ambientales locales y globales, como ENOS y TSA. La cronología de *P. juliflora* se produjo para el período entre 1975 y 2015, con una correlación entre series de 0,531 y un aumento promedio anual del crecimiento de 3,71 mm, mientras que la cronología de *S. brasiliensis* cubrió el período entre 1963 y 2015, con una correlación entre series de 0,560 e incremento promedio anual del crecimiento de 3,33 mm. El crecimiento de *P. juliflora* está directamente correlacionado con la precipitación anual (52%), en la estación de lluvias de otoño / invierno (0.57) y el tormentas (0.35) y está inversamente correlacionada con la temperatura media (-0.47), temperatura máxima (-0.31) y la radiación solar (-0.43). El crecimiento de *S. brasiliensis* se correlaciona con la precipitación anual (0.71), lluvias de otoño / invierno (0.64), humedad relativa del aire (0.39) y el tormentas (0.46) y está inversamente correlacionada con la temperatura del aire (media -0.59; máxima: -0.41), insolación (-0.51) y evaporación (-0.35). Se observó que *P. juliflora*, desde su introducción a mediados de los años 60, ha ampliado su área de dispersión, debido a condiciones favorables del clima local para su desarrollo y la acción de los procesos de degradación antrópica en la región de la Caatinga. Por otro lado el bajo costo de las estacas de *P. Juliflora* y resistencia a biodegradación de su madera ha inducido a un más acelerado proceso de sustitución de los bosques nativos. Desde un punto de vista ecológico y de conservación son necesarias medidas de mitigación con el fin de controlar el avance de esta especie exótica.

Palabras-clave: Conservación de cercas; Dendrocronología; *Schinopsis brasiliensis*; *Prosopis juliflora*.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1: Distribuição espacial da espécie <i>Schinopsis brasiliensis</i> para a América do Sul.....	58
Figura 1.2: Distribuição espacial da biodiversidade do bioma Caatinga.....	59
Figura 2.1.1: Mapa de Solos do município de Paulo Afonso-Bahia (Bacia hidrográfica do baixo São Francisco).....	101
Figura 2.2.1: South America, showing the Caatinga biome in the Brazilian Northeast, and the study area in Paulo Afonso, Bahia, Brazil.....	132
Figura 2.2.2: Historical time series (1962-2015) of precipitation (bars) and temperatures (lines) for the study area. Source: INMET.....	133
Figura 2.2.3: Surface of the wood of <i>Prosopis juliflora</i> , showing annual growth rings from 1990 to 1996.....	135
Figura 2.2.4: Accumulated increment in <i>Prosopis juliflora</i> trunks from the estimated year of birth.....	136
Figura 2.2.5: (A) Radial measurements of the growth rings of <i>Prosopis juliflora</i> (gray lines) and the mean values (black line). (B) Standard chronology of <i>P. juliflora</i> and the number of samples that contributed to the chronology in each year (area).....	137
Figura 2.2.6: Correlations between the standard chronology of <i>Prosopis juliflora</i> and environmental variables (A) cumulative mean precipitation, (B) average compensated temperature, and (C) temperature of the surface of the Atlantic Ocean.....	140
Figura 2.3.1: A set of maps showing the location of the Caatinga biome in the Brazilian Northeast (yellow area). The red area in the more detailed map is the municipality of Paulo Afonso in Bahia, Brazil.....	154
Figura 2.3.2: The climate diagram (period 1962-2015) of the study area. The bar and line represent precipitation and temperature, respectively. Source: INMET.....	154

Figura 2.3.3: Transversal surface of the <i>Schinopsis brasiliensis</i> wood, showing distinct annual growth rings outlined by a fine marginal parenchymal band (arrows).....	157
Figura 2.3.4: (A) Standard chronology version of <i>Schinopsis brasiliensis</i> . The shaded area indicates the proportion of samples that contributed to the construction of the chronology. (B) Raw individual tree ring series (gray lines) and the resulting average series (black line).....	158
Figura 2.3.5: Correlation between the standard chronology of <i>Schinopsis brasiliensis</i> and the environmental variables: (A) cumulative mean precipitation; (B) compensated mean temperature; (C) temperature of the Surface of the Atlantic Ocean. The significance level ($p < 0.05$) is indicated by the dotted line. The “p” after the months indicates the previous year.....	159
Figura 2.3.6: Comparison of the standard chronology of <i>Schinopsis brasiliensis</i> (black dotted line) in comparison with annual precipitation (light gray area), downpours (black bars) and the precipitation recorded during the rainy season (gray bars) for the study period (1963–2015). The white circles indicate the years during which ENSO events did not occur.....	161
Figura 2.4.1: Mapa de Solos do município de Paulo Afonso-Bahia (Bacia hidrográfica do baixo São Francisco).....	183
Figura 2.4.2: Descrição macroscópica das amostras obtidas a partir das estacas de <i>P. juliflora</i> (A) e <i>S. brasiliensis</i> (B).....	208
Figura 2.4.3: Descrição anatômica para as estacas jovens das espécies <i>P. juliflora</i> (A-C-E) e <i>S. brasiliensis</i> (B-D-F), corte transversal (A-B), corte longitudinal tangencial (C-D) e corte longitudinal radial (E-F).....	209

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 2.1.1: Representação da distribuição do número de estacas (unidade) em relação ao comprimento das cercas (distância linear mensuradas em metros) avaliadas por propriedade rural visitada no município de P. Afonso-Bahia.....	105
Gráfico 2.1.2: Representação das relações entre frequência das espécies, circunferência na altura do peito (CAP médio) e biodegradação média para as estacas com ocorrência nas cercas na Caatinga do município de P. Afonso-Bahia.....	114
Gráfico 2.4.1: Medidas das densidades básicas médias para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	191
Gráfico 2.4.2: Medidas médias do teor de extrativos totais para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	193
Gráfico 2.4.3: Médias dos teores de lignina insolúvel para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	195
Gráfico 2.4.4: Médias dos teores de lignina solúvel para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	196
Gráfico 2.4.5: Médias dos teores de lignina total para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	197
Gráfico 2.4.6: Percentuais (%) médios do teor de holocelulose para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	198
Gráfico 2.4.7: Teor médio de voláteis do carvão vegetal para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	200
Gráfico 2.4.8: Teor médio de cinzas do carvão vegetal para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	201
Gráfico 2.4.9: Teor médio de carbono fixo do carvão vegetal para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	203

Gráfico 2.4.10: Valores médios de compressão paralela das fibras para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	204
Gráfico 2.4.11: Valores médios de flexão elástica para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	205
Gráfico 2.4.12: Valores médios de cisalhamento para as estacas velhas e jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	205
Gráfico 2.4.13: Valores médios para as dimensões das fibras na posição radial sentido medula-casca para as estacas jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	211
Gráfico 2.4.14: Valores médios para o diâmetro do lume (μm) e frequência (%) de poros para as estacas jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	213
Gráfico 2.4.15: Valores médios (μm) para as alturas e larguras do parênquima radial das estacas jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	214

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1.1: Ocorrência das espécies de madeiras utilizadas nas cercas das propriedades rurais do município de P. Afonso-Bahia.....	106
Tabela 2.1.2: Relação das espécies presentes nas cercas na Caatinga no município de P. Afonso-BA, observadas a partir da avaliação das cercas e informadas coletadas através de entrevistas guiadas com os mantenedores de cerca.....	110
Tabela 2.1.3: Avaliação da ação de Biodegradação quanto à presença/ausência de brocas, fungos e cupins em estacas de madeira pertencentes às propriedades rurais avaliadas na Caatinga em P. Afonso-BA.....	113
Tabela 2.1.4: Relação das espécies presentes por cerca em P. Afonso-Bahia.....	117
Tabela 2.2.1: Relationship between the occurrence of wider rings in 21 <i>P. juliflora</i> trees and years of downpour and above average rainfall in the period 1996-2014.....	138
Tabela 2.2.2: Correlations in the GLM between the biological variables of <i>Prosopis juliflora</i> and climatic variables.....	139
Tabela 2.2.3: Multiple regression analysis between the raw chronology (dependent variable) and the historical mean precipitation of January to February and March to July.....	141
Tabela 2.3.1: Diagnostic data of the tree-ring series of <i>Schinopsis brasiliensis</i>	157
Tabela 2.3.2: Correlations obtained by the GLM between the standard chronology of <i>Schinopsis brasiliensis</i> and local climatic variables.....	158
Tabela 2.3.3: Pearson correlations, considering the period between January of the previous year (y-1) and December of the current year, and the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and STAq (ENSO/STAq); ENSO and precipitation (ENSO/MPq); ENSO and air temperature (ENSO/MCTq); Surface temperature of the Atlantic Ocean (STA) and annual rainfall (STA/MP); STA and air temperature (STA/MCT), for the period between 1963 and 2010.....	160

Tabela 2.3.4: Relative frequency (%) of climatic anomalies (ENSO and downpours) in comparison with the relative frequency (%) of annual growth rings of different sizes (mm) in <i>Schinopsis brasiliensis</i>	161
Tabela 2.3.5: Multiple regression analysis between the raw chronology (dependent variable) and the historical mean precipitation of December (y-1), January to February and March to July.....	162
Tabela 2.4.1: Relação Média de cerne/alburno da madeira em função do tipo de estaca velhas (EV) e jovens (EJ) para as espécies <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	188
Tabela 2.4.2: Teor de Extrativos totais da madeira para as estacas velhas e jovens das espécies <i>S. brasiliensis</i> e <i>P. juliflora</i>	192
Tabela 2.4.3: Teor de lignina insolúvel e solúvel da madeira para as espécies <i>S. brasiliensis</i> e <i>P. juliflora</i> em função das estacas velhas e jovens.....	194
Tabela 2.4.4: Valores médios das medidas de diâmetro do lume (μm) dos poros e sua frequência (mm^2) para as estacas jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	212
Tabela 2.4.5: Valores médios das medidas de altura e largura do parênquima radial para as estacas jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	214
Tabela 2.4.6: Intercorrelações obtidas através de correlação de Spearman ($p < 0,05$) para diferentes variáveis relacionadas às dimensões médias das fibras, poros e parênquima para as estacas jovens de <i>P. juliflora</i> e <i>S. brasiliensis</i>	215

LISTA DE SIGLAS

%ALB	Porcentagem de Alburno
%CRN	Porcentagem de Cerne
ABN	Associação Brasileira de Normas e Técnicas
ALB	Área ocupada pelo Alburno (m ²)
APG III	Angiosperm Phylogeny Group
AS	Área seccional média do disco sem casca (m ²)
C/A	Relação Cerne/Alburno
CAAE	Certificado de Apresentação para Apreciação Ética
CAP	Circunferência a Altura do Peito
CCD	Convenção das Nações Unidas de Combate à Desertificação
CDB	Convenção sobre Diversidade Biológica
CEP	Conselho de Ética da Plataforma Brasil
Cfibra (mm)	Comprimento da Fibra
CMT	Mean Temperature
CNCFLORA	Centro Nacional de Conservação da Flora
CNIP	Centro Nordestino de Informações sobre Plantas
CRN	Área ocupada pelo Cerne (m ²)
DEN	Densidade Básica (g/cm ⁻³)
Dlume (µm)	Diâmetro do Lume
EM	Evaporação piche Média
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ENSO	El Niño–Southern Oscillation
Epareda (µm)	Espessura da Parede Celular
FAO	Food and Agriculture Organization
Fsp FA ou (FR)	Frequência Frequencia Absoluta ou Frequencia Relativa
GLM	Modelos Lineares Generalizados
IAWA	The International Association of Wood Anatomists
IBAMA	Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis

IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IM	Insolação Média
INMET	Instituto Nacional de Meteorologia
INPE	Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais
IPCC	Intergovernmental Panel on Climate Change
IPNI	International Plants Names Index
ISO8601	Data Elements and Interchange Formats
IV _s IVI	Índice de Valor de Importância
LAMEM	Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira
LAVD	Laboratório de Anatomia Vegetal e Dendrocronologia
Lfibra (µm)	Largura da Fibra
ME	Mean Evaporation pitch
MI	Mean Insolation
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MMaT	Mean maximum Temperature
MMiT	Mean minimum Temperature
MOBOT	Missouri Botanical Garden
MP	Mean Precipitation
MRH	Mean Relative Humidity
MWS	Mean Wind Speed
NBR	Norma Brasileira
NEB	Nordeste Brasileiro
ODP	Oscilação Cecadal do Pacífico
P. j EJ	<i>Prosopis juliflora</i> Estaca Jovem
P. j EV	<i>Prosopis juliflora</i> Estaca Velha
P.j EJ (%)	<i>P. juliflora</i> Estaca Jovem Frequência de Poros
P.j EJ-D.lume	<i>P. juliflora</i> Estaca Jovem Diâmetro do Lume
PCA	Análise de Componentes Principais
Pj	<i>P. juliflora</i>
PM	Precipitação Média
PMq	Precipitação Média Trimestral

PRECIS	Providing Regional Climate for Impacts Studies
S. b EJ	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Estaca Jovem
S. b EV	<i>Schinopsis brasiliensis</i> Estaca Velha
S.b EJ (%)	<i>S. brasiliensis</i> Estaca Jovem Frequência de Poros
S.b EJ-D.lume	<i>S. brasiliensis</i> Estaca Jovem Diâmetro do Lume
Sb	<i>S. brasiliensis</i>
SD _{tot}	Índice de Diversidade Total das Cercas
SE _{tot}	Índice de Equitabilidade
STA	Surface Temperature of the Atlantic Ocean
TAPPI	Technical Association of the Pulp and Paper Industry
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCM	Temperatura Compensada Média
TCMq	Temperatura Compensada Média Trimestral
TIFF	Tagged Image File Format
TMaM	Temperatura Máxima Média
TMiM	Temperatura Mínima Média
TSA	Temperatura da Superfície do Oceano Atlântico
TSAq	Temperatura da Superfície do Oceano Atlântico Trimestral
TSM	Temperatura da Superfície do Mar
UC _s	Valor de Consenso de Uso
UFS	Universidade Federal de Sergipe
UFV	Universidade Federal de Viçosa
URM	Umidade Relativa Média
USd	United States Dollar
USP	Universidade Federal de São Paulo
VCAN	Vórtice Ciclônico de Altos Níveis
VVM	Velocidade do Vento Média
y-1	Ano Anterior
ZCIT	Zona de Convergência Intertropical

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	xv
LISTA DE GRÁFICOS.....	xvii
LISTA DE TABELAS.....	xix
LISTA DE SIGLAS.....	xxi
INTRODUÇÃO.....	29
OBJETIVOS.....	34
Objetivo geral.....	34
Objetivos específicos.....	34
REFERÊNCIAS.....	35
CAPÍTULO 1.....	37
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	37
1.1 A ciência, a Técnica e a Interdisciplinaridade.....	38
1.2 O homem e o conceito de propriedade no NEB.....	42
1.3 A ocupação da Caatinga e suas consequências.....	45
1.4 A invasão da Caatinga por <i>Prosopis juliflora</i> (Sw) DC.....	50
1.5 O uso das madeiras da Caatinga em cercas.....	52
1.6 O município de Paulo Afonso, Bahia.....	60
1.7 A conservação e do desenvolvimento de tecnologias.....	61
1.8 A dendrocronologia e o crescimento das árvores.....	66
1.9 O clima no Nordeste do Brasil (NEB).....	69
REFERÊNCIAS.....	74
CAPÍTULO 2.....	92
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	92
2.1 Avaliação quali-quantitativa das cercas de madeiras em propriedades rurais na Caatinga do Vale do São Francisco, Bahia. Uma estratégia para o manejo e conservação.....	94
INTRODUÇÃO.....	96
MATERIAL E MÉTODOS.....	100
Área de estudo.....	100
Coleta de dados.....	101

Inventário das cercas.....	101
Conhecimento e uso das cercas.....	102
Volume de madeira utilizado nas cercas.....	104
Análise estatística dos dados.....	104
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	104
Aspectos socioeconômicos.....	104
Riqueza, diversidade e tipologia das (madeiras) cercas.....	105
Medidas de conhecimento dos mantenedores e práticas de uso de cercas.....	109
Biodegradação das cercas e estado de conservação.....	112
Construção, manutenção (custo por estaca e tratamento) e função das cercas.....	115
Volume de Madeira utilizado na construção das cercas.....	117
CONCLUSÕES.....	121
REFERÊNCIAS.....	123
2.2 Growth patterns and sensitivity to climate predict recent tree decline in the semiarid tropics from Brazil.....	129
INTRODUCTION.....	130
MATERIAL AND METHODS.....	131
Study area.....	131
Tree sampling and growth ring width measurements.....	133
Climate data.....	134
Data analysis.....	134
RESULTS.....	135
DISCUSSION.....	141
CONCLUSIONS.....	145
REFERENCES.....	146
2.3 Response of <i>Schinopsis brasiliensis</i> to climate drivers in the dry forests of northeastern Brazil.....	150
INTRODUCTION.....	151
MATERIAL AND METHODS.....	153
Study area.....	153
Tree sampling and growth ring width measurements.....	155

Climate data.....	155
Data analysis.....	156
RESULTS.....	156
DISCUSSION.....	162
CONCLUSIONS.....	166
REFERENCES.....	167
2.4 Avaliação das propriedades físicas, químicas e anatômicas das madeiras das estacas para as espécies <i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl. e <i>Prosopis juliflora</i> (SW) DC presentes em cercas de propriedades rurais localizadas no semiárido brasileiro.....	172
INTRODUÇÃO.....	174
MATERIAIS E MÉTODOS.....	182
Identificação botânica e preparo das amostras.....	183
Relação cerne/alburno.....	184
Densidade básica da madeira.....	185
Composição química da madeira.....	185
Propriedades do carvão.....	186
Propriedades mecânicas.....	186
Características anatômicas.....	187
Delineamento experimental.....	188
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	188
Cerne/Alburno.....	188
Densidade Básica da Madeira.....	190
Análise Química.....	192
Extrativos.....	192
Lignina Insolúvel, Solúvel e Total.....	193
Holocelulose.....	198
Carvão Vegetal.....	199
Teor de Voláteis.....	199
Teor de Cinzas.....	201
Teor de Carbono Fixo.....	202
Propriedades Mecânicas.....	204

Características Anatômicas.....	207
CONCLUSÕES.....	216
REFERÊNCIAS.....	221
CONCLUSÕES E SUGESTÕES.....	230

INTRODUÇÃO

INTRODUÇÃO

A Caatinga sempre foi tida como pasto para a criação de animais, de reduzida riqueza natural e de baixo valor econômico para suas terras, apesar de encontrar-se em grande risco, mediante a exploração de seus recursos naturais, em especial o uso de suas madeiras que são frequentemente utilizadas em construções, fazendo parte de modo representativo das cercas das propriedades rurais existentes, além de servirem como fonte de lenha/carvão voltados para a obtenção de energia. Associado a tudo isso está o esgotamento dos recursos madeireiros das espécies nativas, que ainda reservam valiosas informações genéticas, fisiológicas, climáticas e tecnológicas pouco conhecidas, e a crescente presença de espécies vegetais invasoras que têm “aproveitado” muito bem este estado de degradação dado a significativa alteração desse bioma ocorrida por séculos de exploração humana, o que ocasiona a fragmentação dos habitats, facilitando a expansão de espécies invasoras tornando cada vez mais difícil a recuperação dos ecossistemas e, conseqüentemente, a sobrevivência do homem (“sertanejo”) nesse ambiente, vítima de suas próprias escolhas e ações.

A exploração dos recursos naturais da Caatinga destaca-se quando avaliado o uso da madeira, e isso faz com que surjam alguns problemas, pois há muito tempo vem preocupando parte da sociedade, em especial aqueles que buscam condições sustentáveis de sobrevivência/convivência entre o homem e o meio ambiente. Destacam-se os seguintes problemas: Pode-se dizer que o uso comum do recurso florestal aplicado pelo “sertanejo” está totalmente desvinculado de qualquer tipo de manejo florestal? Essa exploração tem se dado de forma indiscriminada, já que esse “sertanejo” escolhe a “melhor madeira”, não tendo qualquer preocupação com sua conservação, a exemplo do uso comum de moirões e estacas de Braúna (*Schinopsis brasiliensis*) em risco de esgotamento e extinção, bem como o fomento e escolha pela Algaroba (*Prosopis juliflora*), como alternativa “viável” dada a escassez das espécies utilizadas no passado? Ou, este “sertanejo” seleciona as madeiras por já ter conhecimento prévio do seu uso, “compreender bem o ambiente em que vivem” e adquiriu ao longo da prática conhecimentos comuns, que além de validarem esse uso permitem a continuidade desses processos? De que modo a retirada das madeiras dos remanescentes florestais pode estar contribuindo para o esgotamento desse recurso, tornando-o insustentável, o que acabará caracterizando uma “tragédia dos comuns”? Como o conhecimento científico associado a prática tecnológica pode contribuir para mitigar uma exploração “fadada ao fracasso”, visto o esgotamento iminente do recurso

florestal madeireiro a partir do seu uso inadequado? É possível otimizar a relação “homem x meio ambiente”? Existem alternativas que permitam aperfeiçoar essa “relação insustentável” que vem sendo construída a séculos a partir do consumo irracional dos recursos naturais, e que só tem considerado um beneficiário, o próprio homem?

Sendo assim, faz-se necessária a compreensão do que representam as cercas, e isso não é algo recente. Desde os primórdios da civilização humana, as barreiras físicas naturais, como valas, rios, córregos e serras, foram respeitadas como cercas. As cercas de madeira foram utilizadas no passado como instrumento de guerra ou como proteção contra as forças naturais. Em Porto Alegre, Sul do Brasil, no século XVI, foram erguidas altas cercas (paliçadas) para proteger a cidade contra as invasões castelhanas (Pasavento, 1999). Em Cerca Real do Macaco, capital do Quilombo dos Palmares, localizada na Serra da Barriga, em Alagoas, três cercas adjacentes estendiam-se por cinco quilômetros e funcionavam como barricadas contra os inimigos (Freitas, 1983). Paliçadas de estacas foram há muito relatadas como forma de proteger as plantações contra a força do vento (Pavari, 1961; Leal, 1986). Atualmente a retirada de madeira das florestas representa uma ameaça ao esgotamento das espécies tradicionais utilizadas na produção de cercas. Essas espécies são conhecidas vernaculamente como braúnas, aroeiras, angicos, pereiros, catingueiras, juremas, entre outras. A escassez de madeiras tem levado os agricultores a buscarem cada vez mais alternativas para o uso de espécies que possam substituir as tradicionalmente utilizadas, o que acaba potencializando o uso inadequado das espécies nativas, que são fontes naturais de madeira ainda existentes nas florestas.

Considerando a importância do uso racional/sustentável das madeiras da Caatinga como recurso renovável, não se observa com frequência estudos sobre tecnologia voltados para esse fim. O uso racional relacionado ao consumo desse recurso dentro da Caatinga não tem ocorrido já que os índices de desmatamento no nordeste são alarmantes. A Caatinga encontra-se como o terceiro bioma mais degradado do Brasil, em função das alterações provocadas pelo desmatamento, perdendo apenas para a Floresta Atlântica e o Cerrado (Myers et al., 2000). As alterações ocorridas na Caatinga têm gerado como consequência a entrada e expansão dos processos de desertificação, que já representam grandes extensões e apresentam estreita relação entre este tipo de degradação à vegetação e aos solos, de modo que seu desenvolvimento foi iniciado a partir das modificações provocadas pela diminuição da cobertura vegetal (Souza et al., 2015).

Diante desse cenário, o agricultor (sertanejo) deve buscar novas opções que possam contemplar modelos mais econômicos, sustentáveis e ambientalmente equilibrados de modo a possibilitar a conservação das reservas florestais. Segundo Gliessman (2001) e Altieri (2002) deve-se buscar melhorias quanto ao aproveitamento dos agroecossistemas, para tanto, faz-se necessário racionalizar o uso dos recursos naturais. Torna-se urgente então o aprimoramento quanto à identificação de espécies de usos múltiplos, que colaborem com objetivos socioeconômicos e ecológicos, visto que esse tipo de ação contribui diretamente para a sustentabilidade dos sistemas de produção e por isso devem ser estimulados. A exploração da vegetação nordestina brasileira ainda tem como base a atividade meramente extrativista para obtenção de produtos como a madeira (Drumond, 2000). A retirada de madeira nas matas para construção de cercas mortas no Brasil representa uma ameaça à cobertura florestal (Nascimento, 2009).

As condições climáticas observadas na Caatinga, principalmente quando relacionadas às suas condições limítrofes, bem como a ocorrência de espécies florestais comuns, indicam que devem ocorrer diferenças na anatomia e na qualidade de suas madeiras em relação à vegetação naturalmente existente. Dias (2005) afirma que dentre os diversos componentes que formam o ambiente, a vegetação é considerada como um indicador do estado de conservação dos ecossistemas e está condicionada por fatores de latitude, clima, características do solo, disponibilidade de água e nutrientes, a distribuição da flora, sendo fortemente influenciada pela frequência de queimadas, pastejo entre tantos outros fatores antrópicos (Ferraz, 2009). Estudos desta natureza podem revelar informações significativas para a compreensão do funcionamento desses ambientes, contribuindo para programas de conservação e/ou de exploração sustentável.

É dentro desse contexto de “degradação da vegetação”, que as margens dos rios nordestinos têm sido invadidas por densos povoamentos de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC., vernacularmente conhecida como Algaroba no Brasil. Espécie arbórea que foi introduzida em nosso país em 1942, em Serra Talhada, Pernambuco, a partir de sementes procedentes de Piura, Peru (Gomes, 1961), para fins de suplementação alimentar do gado (Nobre, 1982). Lins e Silva (1997), pioneiros no estudo de invasão da *P. juliflora* para o NEB, investigaram o avanço dessas populações, descrevendo esta espécie como invasora de áreas da Caatinga e evidenciando seu processo de “facilitação”, sendo especialmente as perturbações e a proximidade da água, os responsáveis por seu sucesso invasivo.

Estudos de florestas inseridas em bacias hidrográficas apresentam grande relevância, em função das matas ciliares desempenharem importante função ambiental, onde essas florestas têm sido submetidas a impactos devastadores devido ao progresso da atividade humana, que acaba buscando essas regiões por serem naturalmente áreas de maiores recursos florestais disponíveis para sua sobrevivência. Como consequência, verifica-se a redução dessas áreas a fragmentos esparsos que, em sua maioria, estão profundamente perturbadas (Carvalho et al., 1996). A escassez de informações sobre a organização natural dos ecossistemas ripários e aquáticos, associados a dificuldade em se inserir nessas ações os resultados científicos já obtidos, especialmente às (ações) de cunho político, podem retardar e até mesmo prejudicar a recuperação das áreas degradadas (Souza et al., 2004).

É por isso, que a identificação de padrões de diversidade biológica e o impacto da ação antrópica sobre os recursos naturais quanto à utilização da madeira em cercas podem ser fundamentais para que futuros planejamentos relacionados ao manejo sustentável dos recursos naturais, em especial as madeiras ainda remanescentes, permitam a compreensão de sua dinâmica temporal quanto ao consumo desse recurso pelos agricultores em suas propriedades rurais no NEB, avaliando como o produtor rural tem convivido com a escassez do recurso madeira, de que forma vem aplicando o conhecimento tradicional, e como, possivelmente, tem resolvido esse problema. Por isso, deve-se investigar e propor alternativas para o uso sustentável de madeiras na Caatinga. Uma forma possível é através da sua caracterização tecnológica, seu crescimento, avaliação de sua estrutura, possibilitando o desenvolvimento de conhecimento tecnológico que permita associar os saberes científicos (anatômicos, químicos, físicos e dendrocronológicos) aos saberes populares (especialistas) quanto ao uso das madeiras mais frequentes nas cercas de propriedades rurais do sertão, do semiárido, do NEB, em especial da região do baixo São Francisco.

A interação entre o homem e a natureza (ambiente) é complexa, coloca-se o pesquisador em grande desafio, que é o de aprofundar-se, o quão necessário for, para obter resultados sem que se distancie do contexto principal sobre o qual o objeto de estudo está inserido. Este trabalho trata de questões acerca do contexto socioambiental de uma pequena comunidade rural presente no município de Paulo Afonso, no Estado da Bahia, região semiárida inserida no bioma Caatinga em que produtores rurais sobrevivem da exploração dos recursos vegetais ainda existentes. Descreve o modo de exploração das madeiras utilizadas em cercas nas propriedades rurais oriundas da

vegetação local, destacando suas particularidades tecnológicas (química, física e anatomia das madeiras) do lenho e dendrocronologia de duas espécies de importância social, sendo uma nativa (Braúna) e outra exótica invasora (Algaroba).

As questões principais que nortearam esta pesquisa foram: de que modo a população rural convive com a exploração dos recursos florestais madeireiros frente às necessidades contínuas de substituição e construção de novas cercas? Quais as principais espécies arbóreas utilizadas para realizar a manutenção e construção de novas cercas? De que forma os agricultores têm convivido com o problema do esgotamento dos recursos madeireiros dada a devastação do bioma Caatinga? As madeiras utilizadas são adequadas para uso nas cercas? Qual a dinâmica de crescimento das espécies utilizadas nas cercas? De que forma interagem com o clima da região? A retirada dessas madeiras está sendo realizada de forma sustentável? Como a tecnologia aplicada ao conhecimento das características do lenho das madeiras pode auxiliar na otimização do uso desses recursos florestais? Qual a interação entre o clima local, eventos climáticos extremos e crescimento das espécies utilizadas nas cercas no semiárido?

De modo interdisciplinar, este estudo foi desenvolvido com auxílio de diferentes ferramentas de pesquisa, a partir de conhecimentos relacionados às questões socioambientais. Inicialmente, buscou-se compreender o contexto social, econômico e ambiental da comunidade em relação à utilização das madeiras nas cercas de suas propriedades rurais. Em seguida, avaliou-se as características tecnológicas das duas espécies que se destacaram mediante as análises socioambientais realizadas na comunidade, uma nativa e outra exótica (acrescentei o artigo em “das” para que “sendo” não ficasse repetido). Sendo assim, as espécies *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Braúna) e *Prosopis juliflora* (Sw) DC. (Algaroba) foram avaliadas, através de métodos clássicos de tecnologia do lenho, quanto aos aspectos físicos/mecânicos, químicos/ energéticos, anatômicos/ estruturais e dendrocronológicos/ crescimento. Por fim, os resultados obtidos foram comparados com diferentes trabalhos relacionados ao objeto de estudo (tecnologia da madeira) e avaliados a partir de diferentes testes estatísticos, além de análises climáticas através de dados locais e dados de eventos climáticos globais extremos, como os eventos ENSO e TSA.

Os resultados obtidos através das análises dendrocronológicas, anatômicas e tecnológicas do lenho das espécies *S. brasiliensis* (nativa) e *P. juliflora* (exótica), espécies de expressiva importância socioeconômica e ecológica para o NEB, possibilitaram o aprofundamento do conhecimento do xilema secundário das plantas e suas respostas frente a diferentes variáveis

ambientais (locais e globais). Trata-se do primeiro resultado voltado para a caracterização dendrocronológica dos anéis de crescimento de uma espécie invasora no Brasil, o que resulta diretamente em significativo avanço da compreensão das estratégias de crescimento dessa espécie, o que potencializa medidas de controle e uso sustentável do recurso madeireiro.

OBJETIVOS

Objetivo geral

Avaliar os aspectos socioambientais envolvidos na exploração das madeiras utilizadas em cercas mortas, seus aspectos dendroecológicos, anatômicos e tecnológicos (físicos e químicos) de madeiras das espécies *Schinopsis brasiliensis* Engl. e *Prosopis juliflora* (Sw) DC., para fins de determinação potencial de uso sustentável da vegetação lenhosa de propriedades rurais localizadas no município de Paulo Afonso, Bahia.

Objetivos específicos

- 1 – Identificar as características socioeconômicas e ambientais envolvidas no uso das madeiras em cercas das propriedades rurais no município de Paulo Afonso-BA.
- 2 – Analisar as características do lenho das madeiras de *Schinopsis brasiliensis* Engl. e *Prosopis juliflora* (Sw) DC., para fins de determinação de suas corretas aplicações, oriundas das cercas e presentes nas propriedades rurais do município de Paulo Afonso-BA.
- 3 – Construir as cronologias das espécies jovens e adultas de *Schinopsis brasiliensis* Engl. e *Prosopis juliflora* (Sw) DC., identificando o incremento médio anual de crescimento dessas plantas, e suas relações de crescimento com o clima local e eventos climáticos extremos globais.

A tese está organizada em quatro manuscritos (na forma de artigo), sendo descrito para cada um a respectiva metodologia aplicada, precedida de uma fundamentação teórica geral (Capítulo 1) contemplando todos os assuntos abordados e apresentados através dos resultados obtidos (Capítulo 2).

REFERÊNCIAS

- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: agropecuária. 592 p. 2002.
- CARVALHO, D. C.; OLIVEIRA-FILHO, A. T.; VILELA, E. A. Flora Arbustivo-Arbórea de Mata Ripária do médio Rio Grande (Conquista, Estado de Minas Gerais). **Cerne**, v. 2, n. 2, p. 048-268. 1996.
- DIAS, A. C. **Composição florística, fitossociologia, diversidade de espécies arbóreas e comparação de métodos de amostragem na floresta ombrófila densa do parque estadual Carlos Botelho/SP-Brasil**. Tese de Doutorado (Doutorado em Recursos Florestais), Universidade de São Paulo, Piracicaba, 2005.
- DRUMOND, M. A. **Avaliação e identificação de ações para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. APNE. Petrolina. 2000.
- FERRAZ, F. C.: **Florística e fitossociologia de uma área de caatinga localizada no Monumento Natural Grota do Angico, Sergipe**. Monografia. Departamento de Ciências Florestais, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão, 2009.
- FREITAS, D. **Escravos e senhores de escravos**. Mercado Aberto. Porto Alegre. 1983.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS. 653p. 2001.
- GOMES, P. **A algarobeira**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola (Serie SIA, 865), 49p. 1961.
- LEAL, A. C. **Quebra-ventos arbóreos aspectos fundamentais de uma técnica altamente promissora**. Fundação Instituto Agrônômico do Paraná, n. 67: p. 1-28. 1986.
- LINS E SILVA, A. C. B. **Characteristics of *Prosopis juliflora* invasion of semi-arid habitats in Northeast Brazil**. Thesis (M.Sc.). University of Durham, Durham. 76p. 1997.
- MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403, p. 853-859. 2000.
- NASCIMENTO, V. T., L. G. SOUZA, A. G. C. ALVES, E. L. ARAÚJO E U. P. ALBUQUERQUE, U. P. Rural fences in agricultural landscapes and their conservation role in an area of caatinga (dryland vegetation) in Northeast Brazil. **Environ Dev Sustain**, v. 11, p. 1005-1029. 2009.
- PASAVENTO, S. J. Lugares malditos: a cidade do “outro” no Sul brasileiro (Porto Alegre, passagem do século XIX ao século XX). **Revista Brasileira de História**, v. 19. 1999.

PAVARI, A. **Quebra-Ventos**. Bertrand. Florença. 1961.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C.; LIMA, E. R. V. Caatinga e desertificação. **Mercator**, v. 14(1), p. 131-150. 2015.

SOUZA, E. B.; AMBRIZZI, T.; COELHO, C. A. S. Two episodes with reversed impacts on the regional precipitation of the northeastern South America. **Meteorologica**, v.29, n. 1-2, p. 5-16. 2004.

CAPÍTULO 1

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

1.1 A Ciência, a Técnica e a Interdisciplinaridade

A ciência não é um sistema de enunciados certos, bem estabelecidos; nem é um sistema que avança firmemente em direção a um estado definitivo. Nossa ciência não é conhecimento (*epistême*): ela nunca pode pretender ter atingido a verdade, ou mesmo substituto para ela, tal como a probabilidade. No entanto, a ciência tem um valor que excede a mera sobrevivência biológica. Ela não é unicamente um instrumento útil (Popper, 1982). Embora não possa atingir nem a verdade nem a probabilidade, o esforço para a obtenção do conhecimento e a procura da verdade, o que ainda são os motivos mais fortes da descoberta científica. Não há uma linguagem tão universal que contemple todas as expressões de todas as ciências.

Segundo Kopnin (1972) *“a teoria sempre extrapola os elementos experimentais antecedentes”* e *“además, os próprios dados experimentais já não são um fato puro, que deva ser apenas constatado; eles compreendem, ainda, determinada interpretação”*. Sendo assim, percebe-se que, embora exista um grande limite entre a teoria e o experimento, este é bastante móvel e dinâmico. Não se pode extinguir a capacidade humana de antecipar, já atribuída a Prometeu (*“aquele que vê por antecipação”*), correm-se riscos quando não se avalia *“o que a técnica pode fazer conosco”* ao invés de nos questionarmos *“o que nós podemos fazer com a técnica”*? (Galimberti, 2006. p. 829).

“Dizer, a essa altura, que a técnica é a essência do homem significa, de um lado, dizer que, dada a insuficiência da própria dotação natural, sem o fazer técnico, o homem não teria sobrevivido, e, do outro, que, para compensar a sua carência biológica, o homem dispõe de uma plasticidade na adaptação, e por isso se poderia dizer, com Gehlen, que o homem não simplesmente “vive”, mas “conduz a sua vida”, que “no mundo toma posição”, por meio de procedimentos de seleção e estabilização com que atinge “culturalmente” aquela seletividade e estabilidade que o animal possui “por natureza”” (Galimberti, 2006. p. 829).

Deve-se buscar o desenvolvimento de metodologias que convertam a atual situação em formas que melhorem o meio ambiente, que atendam as necessidades fisiológicas da população, que conservem o meio ambiente para as próximas gerações e que sensibilizem a comunidade acerca da realidade sob a qual estão inseridas de fato, de modo a potencializar uma melhor qualidade de vida para todos os envolvidos, favorecendo o trabalho em conjunto, conservando os

recursos naturais, o que sem dúvida refletirá de algum modo em uma melhor condição de sobrevivência para todos. O conceito de desenvolvimento sustentável fundamentalmente interliga o que é para ser desenvolvido com o que é para ser sustentado. As discussões acerca das relações que devem prevalecer entre o que deve ser sustentado e o que deve ser desenvolvido diferem muito, uma vez que essas interligações têm sido avaliadas e consideradas de várias maneiras – dependendo por quem e em que esfera estejam sendo discutidas, estabelecidas ou implícitas (Camargo, 2003).

Assim, deve-se buscar o “humano” cuja natureza se modifica (primordial), a partir das modalidades com as quais se envolve tecnicamente, preocupados com uma humanidade que não está à altura do evento técnico por ela mesmo produzida (Galimberti, 2006).

“A técnica é o último dos destinamentos do ser e ela determina o nosso destino nos dias de hoje. Esse destino é um perigo. Mais ainda, é um perigo extremo. O perigo não está somente, nem primariamente, no fato de a humanidade poder ser destruída pelas máquinas mortíferas. A ameaça verdadeira está no fato de o homem esquecer até mesmo da pergunta pelo sentido da presença (...)” (Loparic, 1996, p. 19).

Nesse sentido, a busca da existência harmoniosa com outras populações e outros ecossistemas passa a ser não só necessidade material, mas ética (crise), e sua viabilidade deve ser avaliada, medida e analisada com todo o ferramental de que se dispõem (Souza, 2008), e isso também está relacionado aos diversos conhecimentos construídos pela ciência (aparato técnico) ao longo dos séculos e que na maioria das vezes não se apresentam interligados, mesmo havendo similaridade entre os objetos de estudo. Faz-se necessário utilizarmos o “aparato técnico” disponível para que se possa mitigar ao máximo os distanciamentos naturais existentes entre os diferentes campos da ciência. Esse é, sem dúvida, um dos principais pilares para a busca de saberes interdisciplinares. O uso da técnica e consequente domínio dos “aparatos técnicos” disponíveis são fundamentais para que sejam solucionados os problemas, que, na sua maioria, tem origem “disciplinar”, mas que exigem solução “interdisciplinar”, visto que os possíveis danos causados pelo “conhecimento aplicado” acabam extrapolando a sua própria ciência (técnica). Não se pode, a partir do aparato técnico do homem, esquecer das nossas competências, já que *“nos tornamos funcionários da nossa própria competência”*, e portanto, órgãos do próprio aparato.

“Se chamamos de máquina o aparato técnico, servir a máquina significa identificar um limite à liberdade pessoal que historicamente o homem jamais conheceu. Não se trata, de fato, da limitação pessoal do indivíduo por parte de um outro indivíduo, mas do indivíduo frente aos procedimentos de um aparato, que são independentes dele e se apoiam exclusivamente sobre esses procedimentos” (Galimberti, 2006. p. 641).

A ciência deve “servir” ao homem e não o contrário (...), da mesma forma que não deve ser ela (a ciência) a responsável pela condução das nossas vidas, ações, desejos, vontades, princípios, comportamentos, virtudes e, principalmente, decisões. Mas essa mesma ciência, a que, na maioria das vezes, é responsável direta pela origem dos problemas, é, sem dúvida, importante e fundamental para a sociedade, pois tem possibilitado uma aproximação maior entre a “verdade dos fatos”, mediante os diversos problemas que nos são apresentados no dia-a-dia, e que desafiam a nossa própria existência. Então, deve-se buscar uma *“abertura da verdade do ser comandada por um poder mais alto que o poder-ser do estar-aí”*. (Loparic, 1996. p. 10). É dever do homem meditar sobre o que está sendo feito com o meio ambiente e buscar na própria técnica a solução para os problemas por ela desenvolvidos.

"A téchne abre e nos entrega a verdade do ente, torna o ente enquanto ente acessível; mas, ao mesmo tempo, ela, por necessidade, não deixa mais que o ente cresça e o coloca totalmente sob o seu domínio - pelo que fica simultaneamente aniquilada a verdade. /.../ Mas, o que é o essencial da 'técnica' de hoje?" (Heidegger, 1937. p. 17).

Para Loparic (1996) deve-se utilizar essa pergunta para que se perceba o quanto a essência das coisas não é somente a *“não técnica da técnica”*, romper com um saber moderno claramente concebido como um saber de dominação, a serviço da vontade de poder (existência de uma relação íntima entre a técnica e a vontade de poder de Nietzsche). Desse modo:

“a téchne não pode ser usada para interpretar o "manuseio ocupado" de Ser e tempo. O desocultamento do ente na sua verdade, pensado na téchne pelos gregos, nunca é uma atividade do homem, mas um produzir "que deixa de antemão que o ente chegue à presença de acordo com o seu aspecto", em meio ao ente "que surge autógeno, da phýsis" (p. 48). O fazer do artista não se compreende a partir da atividade artesanal, mas a partir da téchne

como phýsis, como produzir que faz aparecer” (Loparic, 1996. p. 11).

O conhecimento científico deve servir para produzir, de fato, soluções para os problemas, sem esquecer jamais que fazemos parte da natureza, por isso temos responsabilidade quanto às ações e tomadas de decisões. Sendo assim, a busca pelo “contexto da verdade”, em harmonia com os recursos disponibilizados pela “natureza” (meio ambiente) torna-se essencial, e deve ser valorizado de forma plena. É dentro desse contexto que se percebe a importância do desenvolvimento de uma ciência interdisciplinar em equilíbrio com a dialética materialista que se aproxime de Kopnin (1972), onde o conhecimento:

“é o resultado da síntese do pensamento e do elemento sensorial, e essa síntese transpõe tanto a experiência e a teoria quanto suas relações mútuas”. Ele emprega o termo “teoria” como sendo: “no amplo, quando a teoria atua como sinônimo de conhecimento, e no estrito, quando se trata somente de um conhecimento de forma rigorosamente definida” (Kopnin, 1972. P. 212).

Não se deve ficar preso ao método da dialética materialista, que, segundo Kopnin (1972), é *“o lugar tanto do método teórico e experimental, como de todos os demais métodos no movimento do pensamento, na conquista do conhecimento em cuja base pode-se explicar e transformar o mundo”*. Assim, por meio da interação da teoria e do experimento, é construída a dinâmica progressiva da ciência em busca da “verdade”, da construção de leis objetivas que possam ser utilizadas pelo homem na prática social e uso da natureza (meio ambiente). A interdisciplinaridade pode contribuir para se atingir resultados jamais alcançados por uma ciência disciplinar, pelo simples fato de (disciplinarmente) não se perceber a verdadeira dimensão da importância dos saberes que vão além do seu próprio método, ou mesmo dos possíveis resultados gerados pelo conjunto de leis e teorias já descritos por outra área do conhecimento, e que, estando associados ao mesmo tipo de problema avaliado, podem indicar diferentes soluções, o que se aproxima mais da “verdade” (possível) gerada pela conhecimento científico.

1.2 O homem e o conceito de propriedade no NEB

O nordeste brasileiro abriga o agreste e o semiárido, onde este último por si só não oferece grandes condições de facilitação a sua ocupação (recursos hídricos, alimentos, clima, entre outros), o que dificulta mais ainda a permanência do homem na região. Contudo, a Caatinga foi ocupada (...), e o homem buscou dentro das possíveis alternativas disponíveis para a época (conhecimento), condições de estabelecimento de suas propriedades rurais, seja para exploração (comércio) ou simplesmente para sobrevivência (residência). Com o crescimento populacional e o aumento dos rebanhos, houve a necessidade de delimitar o espaço por meio da demarcação e apropriação de terras e sua divisão em áreas de cultivo e pastagens (Alves, 1999). Nos primeiros tempos de ocupação da região nordeste no Brasil, a criação de gado foi uma atividade a que alguns se dedicaram com espírito demasiado independente para se submeterem à hierarquia social rígida da época.

Para Andrade (2011) só após a guerra holandesa é que o sertão nordestino foi realmente conquistado e economicamente integrado ao Nordeste. Este processo tornou-se sistêmico a partir das lutas contra os índios cariris (revoltos com os pecuaristas) e o Quilombo dos Palmares. Estes eventos acabaram culminando com a origem de diversas sesmarias nas ribeiras nordestinas, o que possibilitou o desbravamento do Agreste e de parte do Sertão (Andrade, 2011). A partir da guerra holandesa e o medo de perder seus animais, que eram confiscados pelos invasores, os criadores alagoanos e sergipanos acabaram tendo que subir o rio São Francisco em demanda para o sertão (Andrade, 2011). Dentro dessa realidade, a origem das propriedades rurais no NEB está associada a diversos marcos históricos, sendo que essas novas áreas ocupadas, no agreste e no semiárido da Caatinga, sempre estiveram relacionadas ao desmatamento e uso “inadequado” de sua madeira. Historicamente, o homem tem utilizado os recursos naturais disponíveis em função das suas necessidades, desvinculado, na maioria das vezes, de quaisquer preocupações relacionadas ao esgotamento ou possíveis consequências desse uso.

Não se pode pensar no conceito de “propriedade”, assim como na origem da própria civilização humana, sem antes lembrar de Jean-Jacques Rousseau que foi um dos grandes pensadores do Iluminismo e teve como contemporâneos, Montesquieu, Hume, Kant e Voltaire. Nasceu em 1712, em Genebra, um país calvinista, cercado de grandes nações católicas, numa família burguesa. Morreu aos 66 anos, no dia 02 de julho de 1778, na França (Lima, 2012; Wokler, 2012). Para Rousseau (2004) o conceito de propriedade está nos primórdios da origem humana, onde tudo que era

produzido estava relacionado com a nossa própria sobrevivência, e desta forma dava-se origem a diferentes utensílios de maneira rústica, mas que eram eficientes, de acordo com as nossas necessidades, até o instante em que o homem sentiu que poderia conviver com os outros, condição facilitadora, desde que soubesse que poderia sobreviver desse jeito, o que possibilitou o desaparecimento de ações de desigualdades, e dessarte introduziu-se a propriedade e o trabalho que passou a ser necessário e fundamental para a construção da sociedade que conhecemos.

Rousseau diz:

“Como os homens não podem criar novas forças, mas só unir e dirigir as que já existem, o meio que tem para se conservar é formar por agregação uma soma de forças que vença a resistência, com um só móvel pô-las em ação e fazê-las obrar em harmonia. (...) Esta dificuldade introduzida em meu assunto pode assim enunciar-se: “Achar uma forma de sociedade que defenda e proteja com toda a força comum a pessoa e os bens de cada sócio, e pela qual, unindo-se cada um a todos, não obedeça todavia senão a si mesmo e fique tão livre como antes” (Rousseau, 2004, p.31).

As florestas tem sido utilizadas com um único objetivo: transformá-las em campos aprazíveis, que, através de regras e com o suor humano, promove a produção agrícola que germinou e cresceu com as colheitas, onde também se viu miséria e escravidão. Deste modo, Rousseau ajuda a entender que o fundador da sociedade pode ter sido aquele que primeiro colocou cerca em volta de um terreno e que acabou tendo a ideia de falar para os outros que se tentassem entrar naquele cercado não poderiam, pois esse espaço lhe pertencia. No entanto, a partir do momento que outras pessoas começaram a não respeitar a presença das cercas por ele construídas, e promoveram sua derrubada para entrar, partindo do princípio que *“a terra não tem dono”*! Nasce os primeiros conflitos e guerras em função da propriedade. Pode-se admitir que a origem da sociedade e as primeiras leis deram novas formas que barraram os mais fracos e fortaleceram os mais fortes. Por isso Rousseau (2004) nos diz: *“os homens nasceram livres, e por toda a parte encontram-se a ferros”*.

Seguindo o pensamento da época de Rousseau sobre a colonização da costa do Nordeste do Brasil, que se deu com a cana-de-açúcar e com o gado no sertão, esses dois processos têm todos os ingredientes de posse e do direito a propriedade. No pensamento de Rousseau a sociedade é como uma família, onde o Pai é o “Estado” e os filhos são o “Povo”. Os portugueses estabeleceram as capitanias hereditárias e o direito à posse das terras. Logo aos índios, os

vencidos segundo Rousseau, a eles restavam a morte ou a escravidão. Os Portugueses trouxeram da África os povos derrotados que foram subjulgados pela escravidão, mas os quilombolas resistiram contrariando essa condição. Os holandeses vieram com os mesmos objetivos: explorar e escravizar todos que viviam na costa e desenvolver o agreste. Os brasileiros fugiram para o sertão, desbravando e colonizando a Caatinga, inicialmente com atividade pecuária do gado e posteriormente com a exploração de suas madeiras, o que gerou inúmeros conflitos com indígenas da região, os quais muitos vencidos/derrotados tiveram que viver “com os vencedores”, escravizados em quase sua totalidade, mas sem dúvida perdedores de sua liberdade e conquistas culturais. A ocupação da foz do rio São Francisco, que se estende cerca de 300 km para o interior do nordeste teve seu início através do desenvolvimento da pecuária extensiva, o que também contribuiu para a atividade açucareira na região nordeste (Camelo Filho, 2005).

Historicamente, o aumento da densidade demográfica no meio rural nordestino iniciada no século XVII foi relativamente lenta, e esteve associada ao fato dessa região ser bastante seca (clima), além de ter apresentado uma rotina quanto ao uso coletivo das áreas (fins pastoris) e presença menos frequente de fazendeiros na região, o que possibilitou menor pressão sobre o espaço geográfico quando comparado a regiões de clima mais favorável à ocupação agrícola (Andrade, 1986). Chaves et al., (2014) afirma que culturas alimentares anuais como *Manihot esculenta* Crantz, *Phaseolus vulgaris* L. e *Zea mays* L., e que possuem um rendimento aleatório, acabavam sendo praticadas para o autoconsumo e em pequenas áreas cercadas (Alves, 1999). Barros (1959) relata que no Nordeste as formas de passagem (em cercas) usadas para dar acesso às propriedades receberam diferentes denominações, tais como: passadores, passadiços e saltadores. No Nordeste são observadas muitas formas de utilização de madeiras em cercas, sendo as mais comuns cercas, cercados, cancelas, porteiras, portões e fachinas.

No século XX e XXI a Caatinga foi sendo ocupada por fazendeiros bem como assentados de projetos rurais que colaboram substancialmente para a degradação desse bioma, o que tem causado a diminuição da qualidade do solo, juntamente com a regressão da sucessão ecológica, onde o estágio maduro retrocede para o início das Seres ecológicas (Santos et al., 2009). Mesmo com a prática de uma agricultura rudimentar e condições precárias de sobrevivência, realidade comum na região do Vale do São Francisco, a ação antrópica tem provocado nesses ambientes o contínuo uso inadequado dos recursos vegetais (Sampaio e Mazza, 2000). Através de séculos de exploração dos recursos florestais do semiárido, a Caatinga apresenta-se dentro de uma realidade

de perda de biodiversidade e riscos eminentes de extinção para diferentes espécies, muitas endêmicas e que possivelmente já foram extintas, e continuarão a desaparecer desses ecossistemas se houver avanços na solução de seus problemas.

1.3 A ocupação da Caatinga e suas consequências

O bioma Caatinga faz parte do ambiente das Florestas Tropicais que recobrem aproximadamente 40% do nosso planeta (FAO, 2012), onde grande parte desse percentual (cerca de 42% ou 722 milhões de hectares) é ocupado por Matas Secas (Florestas Tropicais Secas). As matas secas ocorrem quando sua vegetação está inserida em região tropical e apresentam vários meses de seca severa ou absoluta (Mooney et al., 1995). Esses ambientes são definidos pela presença de uma vegetação submetida a volumes de chuva inferiores a média de 1600 mm, sendo característico a presença de períodos mínimos de seis meses com menos de 100 mm (Pennington et al., 2009). Esses ambientes apresentam grande variação quanto a dinâmica de crescimento de suas espécies, o que ocorre em função do rigor hídrico sob o qual estão submetidas. As florestas secas podem ter a cobertura do seu dossel, através da área foliar de sua copa, reduzidos em até 50% quando comparados a áreas de maior umidade (Murphy e Lugo, 1995). Essa condição a torna o tipo de vegetação mais ameaçada do mundo (Janzen, 1988), onde o homem é o grande responsável por esse problema, segundo Quesada et al. (2009) só na América Latina 66% desses ambientes já foram alterados e destruídos.

O uso indiscriminado da vegetação da Caatinga gera como consequência direta a degradação do solo, e isso ocorre em função da crescente demanda por produtos agrícolas e florestais, associado a pressão demográfica nessa região semiárido do NEB (Albuquerque et al., 2001). As profundas modificações que a Caatinga tem sofrido ao longo dos séculos em função do desmatamento, tem possibilitado a instalação, bem como a expansão dos processos de desertificação nessa região (Souza et al., 2015), o que associados aos percentuais descritos pela literatura quanto ao estado de modificação da sua vegetação, cerca de 80%, completamente alterada pela ação humana através do extrativismo (Araújo Filho, 1996), revelam o quanto esse bioma encontra-se ameaçado, correndo riscos reais de extinção. Os primeiros passos para a ocupação do semiárido datam o século XVII, em função das intempéries locais e as condições edafoclimáticas (Araújo Filho e Crispim, 2002). Uma das grandes razões de perda da cobertura florestal é a falta de planos de manejo florestais e os meios para sua implementação, pois o que

constata-se em grande parte das matas secas localizadas nas regiões tropicais é a concentração de esforços em plantações de florestas para induzir o rápido crescimento de espécies exóticas ao invés de buscarem conhecimentos para gerenciamento das florestas ainda existentes (Fries e Heermans, 1990).

O NEB tem sido explorado desde a passagem das primeiras “naus” que da Europa vinham para a Terra de Santa Cruz, principalmente para realizar a retirada do pau-brasil, largamente utilizado na Europa pela indústria da tinta e abundante em seu litoral (Andrade, 2011). A história nos mostra que o povoamento quase contínuo do Nordeste, desde Natal (Rio Grande do Norte) até as imediações de Penedo (Alagoas), Sergipe e o norte da Bahia já eram no final do século XVIII bastante habitadas (Andrade, 2011). Destaca-se o fato de que entre o século XIX e XX (1950), a prática das queimadas associadas à produção do carvão para fins energéticos atingiu seu auge motivado pela expansão da cultura do algodão no NEB (Souza et al., 2015). Foi nesse período que, em função do mercado favorável ao consumo da fibra de algodão, extensas áreas foram desmatadas (Souza et al., 2010).

A história de colonização do semiárido perpassa pelo uso da terra a partir da dinâmica econômica dominante naquele período. Paralelo aos canaviais, que oscilavam entre fases de crise e de esplendor, mas sempre localizadas próximas ao litoral do NEB, em função das condições climáticas favoráveis e facilidades de exportação, estavam a expansão da pecuária e do próprio algodão, ambas associadas à prática do desmatamento. A expansão da pecuária também esteve associada à substituição do gado por animais mais velozes, como cavalos e éguas, alternativa escolhida pelos proprietários a preferir a força mecânica dos animais à força hidráulica na movimentação de seus engenhos (holandeses) (Andrade, 2011). Outro fator importante descrito por Andrade (2011) foi que desde o governo de Tomé de Souza, e em busca de riquezas minerais, os colonizadores do sertão nordestino trataram de conseguir doações de terras, sesmarias, que cada vez mais penetravam nessa região.

Andrade nos diz:

“(...) subindo o Itapicuru e o Rio Real, para alcançarem o Rio São Francisco. Nem este grande rio deteve a ambição, a fome de terras dos homens da Casa Torre (Garcia d’Ávila e seus descendentes) que, através dos seus vaqueiros e prepostos, estabeleceram currais na margem esquerda, pernambucana, portanto, do Rio São Francisco e ocuparam grande parte dos sertões de Pernambuco e do Piauí. Até no Cariri cearense pleitearam os homens da Cassa Torre o recebimento de sesmarias. Construíram, assim, os maiores

latifúndios do Brasil, tornando-os senhores de uma extensão territorial maior do que muitos reinos europeus, pois possuíam, em 1710, em nossos sertões, mais de 340 léguas de terra nas margens do Rio São Francisco e de seus afluentes” (Andrade, 2011, p.183).

Esse processo de expansão da pecuária nos sertões nordestinos culminou no século XVIII nos currais baianos que se estendiam pela margem direita do Rio São Francisco e pelas ribeiras do Rio das Velhas (Minas Gerais), das Rãs, Verde, Paramirim, Jacuípe, Itapicuru, Real, Vasa Barris e Sergipe, possuindo cerca de 500 mil cabeças de gado (Andrade, 2011). Fator primordial de ocupação das terras na região NEB, a cultura do algodão, que prosperou economicamente por ocupar áreas que não eram utilizadas para cana, e que também não estavam sendo utilizadas pela pecuária, o que ocorreu especialmente no interior do nordeste, entre o agreste e o semiárido. Desse modo, a prática agrícola da cultura algodoeira se destacou economicamente.

Andrade nos diz:

“(…), pois, graças à descoberta da máquina a vapor, o algodão passou a ser largamente consumido na Europa pela florescente indústria de tecidos. Quem estudar um pouco de história econômica do Nordeste verá que ela se resume, nos dois últimos séculos, numa luta entre a cana-de-açúcar e o algodão” (Andrade, 2011, p.89).

Esses relatos retirados do trabalho realizado por Andrade (2011) demonstram de que modo a região NEB foi explorada no início de sua colonização e como o bioma Caatinga teve seus ecossistemas devastados durante o curso de nossa história. Vale destacar que todos os processos descritos estão relacionados diretamente à modificação da sua vegetação em função das práticas extrativistas adotadas durante todo o período de exploração. De fato, nunca houve por parte dos exploradores, sejam eles portugueses, holandeses, franceses ou ingleses, quaisquer preocupações que não se restringissem a meras questões econômicas ou de produção. A devastação do bioma Caatinga está marcada historicamente pela sua ocupação e modo de exploração, e tudo isso se associa com as práticas extrativistas, como observa-se através da cultura da cana, pecuária ou mesmo a prática algodoeira, desde o século XVI. É fato que o povoamento do NEB apresentou aspectos singulares quando comparado a outras regiões do Brasil, o que seguramente incidiu sobre os recursos florestais da região, maximizando seus usos e contribuindo diretamente para o estado atual de grande parte da cobertura vegetal não existente.

Andrade nos diz:

“Interessante é que, apesar da flutuação da procura do açúcar no mercado europeu e dos baixos níveis técnicos da agricultura e da indústria, a população nordestina espalhou-se no período que ora estudamos por toda a região, ocupando-a quase inteiramente. É verdade que amplas áreas continuaram cobertas de matas e que os engenhos, vilas e povoações ficavam situadas distantes uns dos outros, mas a superfície dos Estados nordestinos ficou praticamente desbravada, o que não ocorreu em outros trechos do território nacional, como os Estados do Sul do País e São Paulo, que ficaram com terras a desbravar até o século XX” (Andrade, 2011, p.88).

Esse desbravamento descrito por Andrade (2011), reflete diretamente na ausência de cobertura vegetal encontrada nos dias atuais, já que as populações “modernas” nunca se preocuparam com questões ligadas à conservação dos recursos florestais. No entanto, a ausência de cobertura vegetal promove a exposição do solo, o que reduz de forma direta a entrada de água, dificultando os processos de infiltração de água das chuvas, aumenta o seu escoamento (Galindo, 2008). Esse fenômeno faz com que os solos fiquem mais suscetíveis à erosão hídrica e eólica, o que causa uma maior remoção de seus nutrientes em função das chuvas, diminuindo as possibilidades de estabelecimento e crescimento de plântulas, assim como o recrutamento de novas plantas (Gutiérrez e Squeo, 2004).

Todo esse impacto antrópico ocorrido no NEB tem contribuído para a inserção e expansão dos processos de invasão desses ambientes florestais por espécies exóticas, que ocorrem quando essas espécies conseguem penetrar e se adaptar, passando a se propagar, alterando o equilíbrio desses ecossistemas (Pysek, 1995; Parker et al., 1999; Ziller, 2000). Estudos envolvendo invasão biológica, bem como a suscetibilidade de ambientes a este problema são relativamente recentes, estando a maioria dos trabalhos restritos as três últimas décadas (Noble, 1989; Roy, 1990; Rejmanek e Richardson, 1996; Williamson e Fitter, 1996; Pegado et al., 2006; Lawes e Grice, 2007; Andrade et al., 2008; Santana e Encinas, 2008; Andrade et al., 2009; Andrade et al., 2010; Oliveira et al., 2012; Nascimento et al., 2014; Gonçalves et al., 2015; Zenni et al., 2016). Os estudos referentes às espécies exóticas no Brasil ainda são limitados, apesar do avanço ocorrido nos últimos anos, de modo que as pesquisas, em grande parte, têm avaliado apenas aspectos meramente específicos relacionados à simples interação da espécie invasora com a nativa, restringindo-se a estudos de caso, onde pouquíssimos trabalhos ampliam essa dimensão (Zenni et al., 2016).

Esse assunto tem atraído a atenção da comunidade científica por causa dos seus impactos ecológicos e econômicos (Pauchard et al., 2004). Várias teorias têm sido propostas para explicar o sucesso das espécies invasoras em seus novos ecossistemas (Rejmánek et al., 2005), incluindo as características biológicas do invasor e dos ambientes (Foxcroft et al., 2004). Invasões biológicas provocam mudanças ambientais globais, interferindo no clima e na conversão direta dos ambientes naturais para uso intensivo (Zenni et al., 2016). O primeiro registro de espécie invasora no Brasil data 1824 com o capim africano *Melinis minutiflora* P. Beauv. (Zenni e Ziller, 2011). No entanto, durante muito tempo o Brasil não realizou estudos relacionados com espécies exóticas invasoras, a exemplo do período entre o final da década de 50 até meados da década de 80 (Zenni et al., 2016). Destaca-se o fato de que, em 1992, houve a inclusão desse tema na Convenção sobre Diversidade Biológica (CDB), legalizado em 1998 por decreto presidencial (nº 2.519, de 16 de março de 1998), sendo que somente em 2004 é que houve o primeiro “*edital para a elaboração de um Informe Nacional sobre Espécies Exóticas Invasoras*” realizado pelo Ministério do Meio Ambiente (Zenni et al., 2016).

Desse modo, a exploração secular da Caatinga de forma não sustentável realizada pelo homem, por exemplo, o que vem sendo feito ao longo dos tempos através do corte de madeira para lenha, a caça de animais, bem como a contínua remoção da vegetação para a dar lugar às pastagens necessárias para a criação de gado e caprinos, tem levado esse ecossistema ao seu empobrecimento (Leal et al., 2005). O que naturalmente faz com que algumas espécies nativas de ocorrência nesses ecossistemas passem a apresentar distribuições restritas e com baixas taxas de estabelecimento em seus habitats, porém, mostram crescimento populacional explosivo quando chegam a novos sítios (Lockwood et al., 2001). O desmatamento indiscriminado, associado às práticas inadequadas de manejo do solo no semiárido do NEB provocam o agravamento dos processos de degradação dos solos, o que potencializa a expansão das áreas degradadas já existentes (Albuquerque et al., 2001). Essa é a condição favorável para que espécies invasoras possam obter sucesso em ambientes com características particulares como as do bioma Caatinga, região semiárida de rigor hídrico acentuado e biodiversidade peculiar, com diversos endemismos. Grande parte das alterações dos processos ecossistêmicos relacionados à invasão biológica está associada à perda de biodiversidade (Winter et al., 2009; Vilà et al., 2011; Gilbert e Levine, 2013; Katsanevakis et al., 2014).

1.4 A invasão da Caatinga por *Prosopis juliflora* (Sw) DC

O sucesso das espécies invasoras em novos ambientes tem sido relatado em diferentes partes do mundo, o que também ocorre no Brasil. Espécies exóticas invasoras são legalmente reconhecidas como um problema ambiental em nosso país para o qual estratégias de manejo e gestão são necessárias (Zenni et al., 2016). A escolha da espécie *P. juliflora* se deu em função das suas características biológicas e proximidade com nosso objetivo de estudo. De fato, essa espécie apresenta-se na região NEB como uma importante alternativa de uso de madeira para diferentes fins relacionados às propriedades rurais. Historicamente, a expansão do gênero *Prosopis* vem ocorrendo desde a região do Chaco, na América do Sul, avançando para o sul até chegar à Patagônia, e para oeste até o deserto de Atacama, conquistando territórios cada vez mais áridos, onde algumas espécies desse gênero podem apresentar comportamento de pioneiras, colonizadoras ou invasoras, devido à sua capacidade de penetrar e ocupar a vegetação nativa ou mesmo substituí-la na medida em que a vegetação é modificada pelo homem (Roig, 1993). No Brasil, o impacto causado pela invasão dessa espécie vem sendo estudada nas últimas décadas (Reis, 1985; Lins e Silva, 1997; Lima, 2002; Pegado et al., 2006; Vilar, 2006; Andrade et al., 2008; Nascimento, 2008; Andrade et al., 2009; Andrade et al., 2010; Oliveira et al., 2012; Nascimento et al., 2014; Gonçalves et al., 2015).

Estudo realizado na Paraíba quanto ao impacto causado sobre vegetação da Caatinga, em função da presença da espécie invasora *P. juliflora*, demonstrou que sua influência sobre a diversidade e composição florística do estrato herbáceo desse bioma, interfere diretamente e negativamente sobre sua riqueza e diversidade, quando comparadas com áreas sem invasão, dados os menores índices obtidos para a comunidade avaliada (Vilar, 2006). Pegado et al., (2006) estudando os impactos causados pela invasão de *P. juliflora* sobre a composição e o estrato arbustivo-arbóreo da Caatinga, concluíram que esta espécie empobreceu tanto a Caatinga arbórea de várzea quanto a Caatinga arbóreo-arbustiva de encosta. Andrade et al., (2009) demonstraram que os sítios preferenciais da espécie *P. juliflora* constituem áreas de relevante interesse social e ambiental para esse bioma, haja vista que esta espécie ocupa principalmente os Neossolos Flúvicos, as baixadas sedimentares e as manchas de solos mais profundos, onde a água no subsolo é mais abundante.

A expansão desordenada de *P. juliflora* por todo o NEB, ocupando áreas de “baixios” em diversos sítios do bioma Caatinga, principalmente aqueles situados nos estados da Paraíba, Rio

Grande do Norte, Pernambuco, Bahia e Piauí (Reis, 1985), demonstram que essa espécie encontra-se adaptada e estabilizada na região (Lima et al., 2002), o que pode comprometer a sobrevivência das espécies nativas. Segundo Lins e Silva (1997), *P. juliflora* encontra-se no estágio de “facilitação”, tendo como principais agentes facilitadores as perturbações, a proximidade de água e os animais dispersores. Para Webster et al., (2007), uma maneira eficiente de conter o avanço de espécies invasoras, como ocorre com *P. juliflora*, é reduzir os danos provocados sobre a biota nativa, criando condições para que estas espécies regenerem e se restabeleçam em seus nichos, o que faz necessária a aplicação de técnicas de controle eficiente sobre *P. juliflora*, de modo a impedir seu contínuo processo de facilitação sob o qual essa espécie invasora está sujeita.

Nascimento (2008) demonstrou que *P. juliflora* não é capaz de se estabelecer em comunidades vegetais nativas que se encontrem em estágios avançados de sucessão, não tolerando ambientes sombreados e, portanto, não se desenvolvendo bem em ambientes cuja vegetação nativa encontra-se preservada, com alta densidade e diversidade. A espécie *P. juliflora* é considerada como um organismo invasor extremamente agressivo, devendo sua introdução ocorrer somente em locais de intensa aridez para evitar possíveis danos à natureza (Nas, 1980), como por exemplo sua naturalização. Esse processo se dá a partir da introdução da espécie seguida de facilitação por algum agente que atua no estabelecimento da espécie, como dispersantes, perturbadores do ambiente, bem como a interação com animais e outras plantas que podem contribuir para sua estabilização (Cronk e Fuller, 1995).

No entanto, ecossistemas que possuem comunidades ecológicas com elevado número de espécies resistem à invasão, muito provavelmente devido a uma forte competição (Pimm, 1989). Demonstra-se, portanto, a necessidade de se recuperar as áreas degradadas da Caatinga ou que ainda estejam em estágio inicial de degradação, através da recomposição florestal desses ambientes com espécies vegetais nativas, de modo a reduzir a expansão desordenada dessa espécie invasora. Mesmo com toda a gravidade que representam os problemas decorrentes dos processos desencadeados pelas espécies invasoras, muito poucas ações de controle efetivo de sua expansão foram empreendidas nos últimos anos, com o objetivo de reduzir os impactos gerados por essas espécies, onde *P. juliflora* se destaca, dadas as consequências geradas pela sua presença que vão desde a modificação de nichos, descaracterização dos ecossistemas, chegando até a extinção local de espécies arbóreas nativas (Gonçalves et al., 2015).

1.5 O uso das madeiras da Caatinga em cercas

O semiárido do NEB apresenta representativas variações temporais e espaciais de precipitação pluviométrica, e elevadas temperaturas ao longo do ano (Azevedo, 1998), mesmo apresentando as máximas temperaturas registradas durante todo o ano com amplitudes térmicas máximas em torno de 6°C, (Ferreira e Mello, 2005). A vegetação do bioma Caatinga é do tipo Floresta Tropical Seca, ou simplesmente mata seca, caracterizada por mecanismos de adaptação quanto ao rigor hídrico que seus ecossistemas devem suportar ao longo dos anos, sendo suas espécies dotadas de diversos mecanismos de sobrevivência, tais como: suculência, caules clorofilados, acúleos, folhas pequenas, espinhos, raízes tuberosas, presença de herbáceas anuais, composição florística não uniforme, cutículas foliares espessas, mecanismos especiais de abertura e fechamento estomáticos e troncos suberificados (Andrade-Lima, 1981; Mendes, 1997; Prado, 2008). Dentre os principais subtipos de vegetação observados para a Caatinga, três se destacam pela diferença fisionômica quanto a predominância de arbustos ou árvores, sendo: Caatinga arbustiva (com árvores menores que 2 metros de altura); Caatinga arbustivo-arbórea (com árvores entre 2 a 5 metros de altura); Caatinga arbórea (com árvores entre 8 a 12 metros de altura).

Segundo Alves (2008), pode-se caracterizar a vegetação da Caatinga em dois grandes grupos: Caatinga hiperxerófita – quando apresenta vegetação arbustiva com poucos indivíduos, forte presença de cactáceas e bromeliáceas, localizadas em áreas mais secas com inferiores médias de precipitação anual, temperaturas altas, solos rasos e pedregosos que dificultam a absorção da água pelas raízes; Caatinga hipoxerófita – caracterizada por uma vegetação arbustivo-arbórea, em geral densa, com presença ou ausência de cactáceas e rigor hídrico mais moderado, o que permite médias de precipitação superiores e presença de espécies típicas de ambientes mais úmidos, definindo-a como uma área de transição entre biomas.

As famílias mais frequentes são *Caesalpinaceae*, *Mimosaceae*, *Euphorbiaceae*, *Fabaceae* e *Cactaceae*, sendo os gêneros *Senna*, *Mimosa* e *Pithecellobium* os com maiores números de espécies. A catingueira (*Poinceanella pyramidalis* (Tul.) L.P. Queiroz), as juremas branca e preta (*Mimosa* spp.) e os marmeleiros (*Croton* spp.) são as plantas mais abundantes na maioria dos trabalhos de levantamento florísticos realizados em área de Caatinga (Drumond et al., 2000). Em áreas de Caatinga, como ocorre no norte da Bahia, é possível verificar grande variação quanto a biodiversidade local, porém, de forma geral observa-se frequentemente muitas espécies sendo utilizadas como fonte de estacas para uso em cercas, sendo de modo geral encontradas as

espécies: Embiriba (*Eschweilera ovata* (Cambess) Mart.); Murici (*Byrsonima sericea* DC); Maçaranduba (*Manilkara rufula* (Miq.) H. J. Lam; Sapucaia (*Lecythis pisonis* CAMB); Visgueiro (*Parkia pendula* Benth.); Cedro (*Cedrela odorata* L.); Angico (*Anadenanthera colubrina* (Vell.) Brenan); Jurema (*Mimosa tenuiflora* (Mart.) Benth); Cajazeira (*Spondias mombim* L.); Pereiro (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.); Sabiá, (*Mimosa caesalpinifolia* Benth.); Braúna, (*Schinopsis brasiliensis* Engl.); Algaroba, (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.); Aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Allemão); Pau-d'arco (*Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC.); Catingueira (*Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz); entre outras madeiras. Essas espécies são comumente empregadas pela população local para diversos fins, em Caatinga e Mata Atlântica, como madeira (construções/cercas), lenha e alimento (Drumond et al., 2000; Capobianco, 2001).

A utilização da madeira em cercas tem acompanhado o homem desde que este iniciou sua socialização e consequente apropriação dos espaços naturais. Com o crescimento populacional e o aumento dos rebanhos, houve a necessidade de delimitar o espaço por meio da demarcação e apropriação de terras e sua divisão em áreas de cultivo e pastagens (Alves, 1999). A cultura do uso das cercas é indispensável para a permanência do homem no campo (Chaves et al., 2014). No Brasil os poucos estudos que tratam sobre a construção de cercas avaliam as práticas de suas construções, a arquitetura e os impactos socioambientais decorrentes desses procedimentos (Barros, 1985; Gabriel, 2005; Nascimento, 2007; Chaves et al., 2014).

Para o NEB o estudo realizado por Nascimento (2007) é pioneiro, especialmente ao avaliar o uso das madeiras em cercas vivas (estacas vivas) e mortas (estacas mortas), destacando a importância dessas construções para a manutenção das comunidades sertanejas por delimitar e proteger suas propriedades de pequena agricultura. Em seu estudo, avaliou 2877 estacas, onde o número de indivíduos por cerca variou entre 13 a 350, obtendo média de 57,5 estacas mortas por cerca. Nesse trabalho foi possível identificar 51 espécies, 46 gêneros e 26 famílias. Verificou que as famílias de maior riqueza encontradas nas cercas foram *Euphorbiaceae*, *Mimosaceae* e *Anacardiaceae*, sendo os gêneros mais representativos *Croton*, *Jatropha*, *Acacia* e *Mimosa*. As espécies mais abundantes foram *Jatropha molissima* (Pohl) Baill com 1558 indivíduos, *Anadenanthera colubrina* com 489 indivíduos e *Commiphora leptophloeos* com 410 indivíduos. A espécie de maior frequência foi *A. colubrina* (92%), sendo a diversidade total das espécies 1,002 e equitabilidade 0,013.

Nascimento (2007) verificou que cerca de 67% das espécies presentes nas cercas (Caruaru, Pernambuco) eram oriundas de árvores nativas e 33% de espécies exóticas. O número de espécies nativas por cerca variou entre 0 a 15, enquanto o de espécies exóticas esteve entre 0 a 6. Em todas as cercas avaliadas por Nascimento (2007) o número de espécies nativas sempre foi maior que o de exóticas. Em média ocorreram 8,2 espécies nativas para cada 1,4 espécies exóticas. A espécie *P. juliflora* foi identificada em 4,3% das propriedades visitadas por Nascimento (2007) para município de Caruaru, Pernambuco. Esses resultados demonstraram de forma quantitativa e significativa, a presença de espécies exóticas no NEB, evidenciado pela sua frequência nas cercas e confirmada pelas entrevistas realizadas com os mantenedores de cerca, que confirmaram a origem das estacas nas matas da região. A influência das espécies exóticas na composição florística local, visto que a origem das estacas está diretamente e, principalmente, relacionada ao recurso florestal remanescente e disponível para uso, representa um indicador ambiental confiável se estiver associado a consulta prévia com os mantenedores de cercas, ou seja, os agentes principais extrativistas da região e responsáveis diretos pelo consumo desses recursos, necessários para a manutenção e construção dos seus cercados.

A frequência de espécies exóticas observada por Nascimento (2007) foi influenciada pela ocorrência expressiva de estacas vivas, prática comum na região de Caruaru, Pernambuco. Seus resultados alertaram para a baixa frequência de espécies por cerca com altos índices de densidade. Verificou que das dez espécies mais abundantes oito foram nativas da Caatinga, mas somente seis foram encontradas em levantamento florístico realizado anteriormente em área marginal (Alcoforado-Filho et al., 2003), o que permitiu concluir situação de risco eminente quanto ao esgotamento desses recursos florestais remanescentes, afirmando: “*a baixa densidade das demais espécies do fragmento, aliadas a pressão de uso para construção das cercas sugerem que suas populações possam desaparecer da área (...)*” (Nascimento, 2007. p. 77-78). Seus resultados demonstraram que apenas duas espécies se destacaram em relação à densidade (>10%), *Caesalpinia pyramidalis* (Catingueira) e *Bauhinia cheilantha* (Mororó).

Esses resultados colaboraram para que se percebesse quanto e de que forma a ação antrópica, dada a partir do consumo do recurso madeireiro, ameaça substancialmente a manutenção da cobertura vegetal remanescente, potencializando seu esgotamento à medida que a retirada dessa madeira não é acompanhada de medidas sustentáveis de uso. A continuidade das diferentes espécies arbóreas associadas ao seu uso em cercas está condicionada aos processos

extrativistas adotados em cada localidade, que, se executados sem quaisquer medidas de controle da silvicultura e que atendam a demandas sustentáveis, tendem ao fracasso imediato em função do desaparecimento dos recursos florestais ainda existentes. Estudos relacionados à composição florística local, bem como o uso dos recursos madeireiros são necessários para que se possa compreender a dinâmica de retirada desses recursos para fins de construção de soluções que atendam aos princípios de sustentabilidade, dada a ameaça iminente de esgotamento dos recursos madeireiros da Caatinga.

Outro importante trabalho realizado no NEB e na Caatinga quanto a utilização de madeiras em cercas foi realizado por Chaves, et al., (2014), no município de Cocal, Piauí, onde identificou expressiva variação das estacas de uso comum nas cercas, destacando-se as seguintes espécies: *Myracrodruon urundeuva* Allemão (Aroeira); *Ephedranthus parviflorus* S. Moore (Conduru); *Annona leptopetala* (R.E.Fr.) H. Rainer (Ata-de-urubu); *Aspidosperma cuspa* S. F. Blake ex Pittier (Pereiro-branco); *A. pyrifolium* Mart. (Pereiro-preto); *A. subincanum* Mart. (Piquiá); *Astrocaryum vulgare* Mart. (Tucum); *Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore (Carnaubeira); *Handroanthus impetiginosus* (Mart. Ex DC.) Mattos (Pau-d'arco-roxo); *H. serratifolius* (Vahl) S. O. Grose (Pau-d'arco-amarelo); *Combretum leprosum* Mart. (Mofumbo); *Terminalia fagifolia* Mart. (Cascudo); *Croton sonderianus* Müll. Arg. (Marmeleiro); *Amburana cearensis* (Allemão) A. C. Sm. (Imburana-de-cheiro); *Bauhinia cheilantha* (Bong.) Steud. (Mororó); *B. unguolata* L. (Mororó); *Hymenaea martiana* Hayne (Jatobaí); *H. courbaril* L. (Jatobá); *Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz (Jucá); *Machaerium acutifolium* Vogel (Rabuja); *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth. (Sabiá); *M. hostilis* (Mart.) Benth. (Jurema); *Poincianella bracteosa* (Tul.) L. P. Queiroz (Catingueira); *Senegalia polyphylla* (DC.) Britton & Rose (Espinheiro-preto); *Pterocarpus vilosus* (Mart. ex Benth.) Benth. (Pau-sangue); *Ptyricarpa moniliformis* (Benth.) Luckow & R.W. Jobson (Catanduva); *Cedrela odorata* L. (Cedro); *Campomanesia aromatica* (Aubl.) Griseb. (Guabiraba).

Os resultados obtidos por Chaves et al., (2014) demonstraram que os produtores rurais preferem determinadas espécies vegetais em função do seu diâmetro e desenvolvimento. Contudo, por se tratar de uma área de Caatinga, que apresenta maior densidade de plantas e de pequeno diâmetro do caule, ou seja, árvores de pequeno porte, o uso de espécies de maior fuste acaba sendo bastante limitado, em função da escassez desse tipo de material. As espécies com maior fuste e que podem ser serradas são as preferidas e mais utilizadas, destacando-se: Aroeira

(*M. urundeuva*) e Pau-d'arco-roxo (*H. impetiginosus*), salvo aquelas que, a partir da retirada de sua casca, forneçam estacas lisas e esteticamente apropriados, a exemplo do que ocorre com o Pereiro-preto (*Aspidosperma pyrifolium* Mart.) (Chaves et al., 2014). Estudo anterior realizado por Silva (2003) demonstrou que a madeira de origem das árvores de Pereiros foi encontrada em cercas na aldeia dos índios fulni-ô, em Águas Belas (PE), o que denota quão valiosos são os conhecimentos associados a cultura das cercas, dada a relevância e importância como fonte de saber cultural, ultrapassando “*etnias mães de uma população regional*” (Chaves, et al., 2014).

Estacas de Sabiá, *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth, e de Braúna, *Schinopsis brasiliensis* Engl., representam, potencialmente, as madeiras mais valorizadas e pretendidas para uso em cercados, visto que essas espécies apresentam reconhecido valor estrutural de suas fibras, bem como são indicadas por empresas especializadas em pesquisa agropecuária, como a EMBRAPA (2014). As espécies *M. caesalpiniiifolia* e *S. brasiliensis* também foram descritas nos trabalhos realizados por Nascimento (2007) e Chaves, et al., (2014), confirmando que essas madeiras são de fato comumente utilizadas em cercas no NEB, e consequentemente na Caatinga.

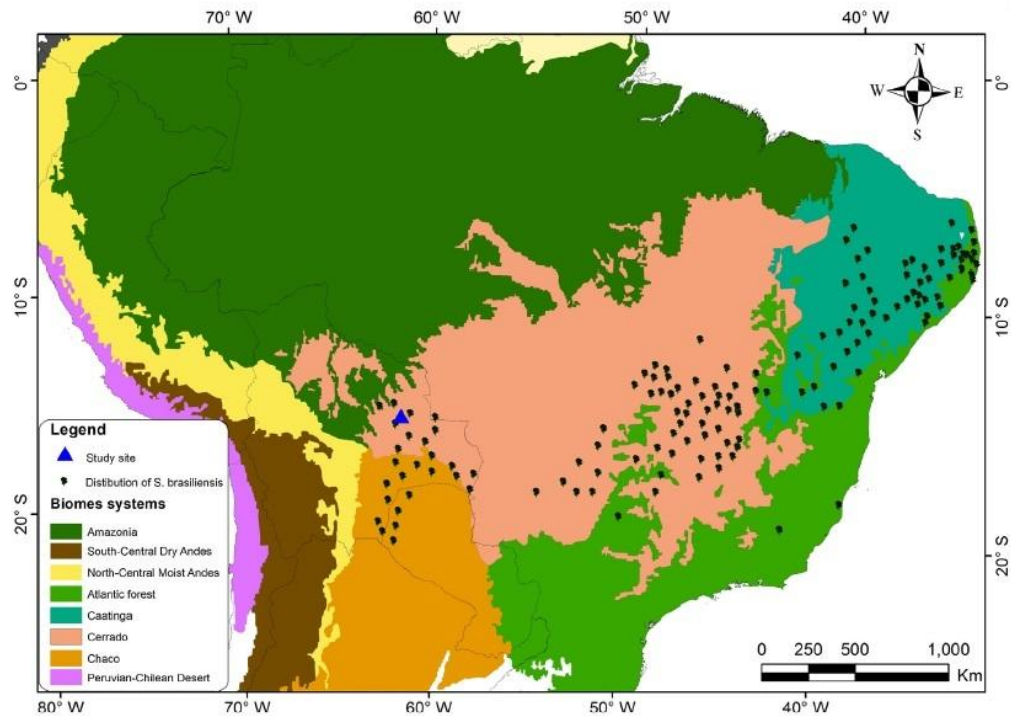
A espécie *M. caesalpiniiifolia* é uma das principais fontes de estacas para cercas no Nordeste, sendo utilizada também para energia (lenha e carvão), e como tutores de sustentação (Sousa et al., 2013). O Sabiá, cebiá, sansão-do-campo é representado pela espécie *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth, Família Mimosaceae (Leguminosae) apresenta ocorrência natural no NEB, em especial nos Estados do Rio Grande do Norte, Piauí e Ceará. Lorenzi (1992) destaca que essa espécie é pioneira, característica de Caatinga e suas flores com madeira densa e de grande durabilidade natural, mesmo quando exposta ao tempo ou enterrada, sendo apropriada para usos externos na forma de moirões, estacas e esteios, como também apresenta características ornamentais, além de servir como dormentes, lenha e carvão (Oliveira e Drumond, 1989). Sua madeira é empregada na alimentação animal, na produção de combustível, no âmbito medicinal, e como cerca viva (Rizzini e Mors, 1976). Estacas de sabiá apresentam duração média de 15 anos, mesmo estando enterradas ou expostas à umidade (Barbosa et al., 2008). Essa espécie é representativa no NEB e tem grande valor econômico para a Caatinga, sendo utilizada como madeireira forrageira, conservadora e enriquecedora do solo, dotada de potencial para a indústria do álcool combustível e coque siderúrgico (Carvalho et al., 1990). Também se destaca no reflorestamento de solos tropicais erodidos, já que possuem papel imprescindível quanto a capacidade de enriquecer o solo com o nitrogênio proveniente da atmosfera e consequente síntese

de substâncias húmicas e mais duráveis, como também pela mobilização de outros elementos de horizontes mais profundos que são extraídos com mais eficiência pelas leguminosas (Döbereiner, 1967).

A espécie *S. brasiliensis* ocorre na forma de árvores vivas nos remanescentes florestais apresentando distribuição fitogeográfica desde o sudeste da Bolívia até o nordeste do Brasil (López e Villalba, 2016) (Fig. 1.1). O NEB apresenta fragmentos florestais que ainda possuem a ocorrência da espécie *S. brasiliensis*, o que pode ser confirmado a partir da observação do uso frequente de suas estacas e moirões em cercados por toda a Caatinga e em grande parte do Brasil. Seu uso é reconhecido dada a extraordinária qualidade de suas madeiras, sendo considerada popularmente como uma das mais duráveis e resistentes madeiras presentes nas florestas brasileiras. Estudos técnicos realizados pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA, 2014), em relação à utilização de leguminosas arbóreas para a produção de moirões e construções de cercas, destaca a espécie *S. brasiliensis*, como sendo uma das madeiras mais tradicionalmente utilizadas em cercas, em função da sua reconhecida qualidade e durabilidade.

A alta durabilidade natural do lenho de *S. brasiliensis* se dá por sua madeira apresentar propriedades anti-histéricas e nevrostêmicas (Gonzaga et al., 2003). Essa espécie tem sido utilizada pelos proprietários rurais, dada a disponibilidade de árvores nos poucos remanescentes ainda existentes nos biomas brasileiros. No entanto, devido ao conhecimento das reconhecidas propriedades de sua madeira quanto à duração e resistência, como também aos processos de decomposição e biodegradação (Pereira et al. 2003), tornando-a mais valiosa. Desse modo, *S. brasiliensis* corre sérios riscos de esgotamento nos ambientes florestais, podendo chegar a extinção nas matas secas da Caatinga e no Cerrado, em função do seu uso nas construções rurais (EMBRAPA, 2014).

Figura 1.1: Distribuição espacial da espécie *S. brasiliensis* para a América do Sul.



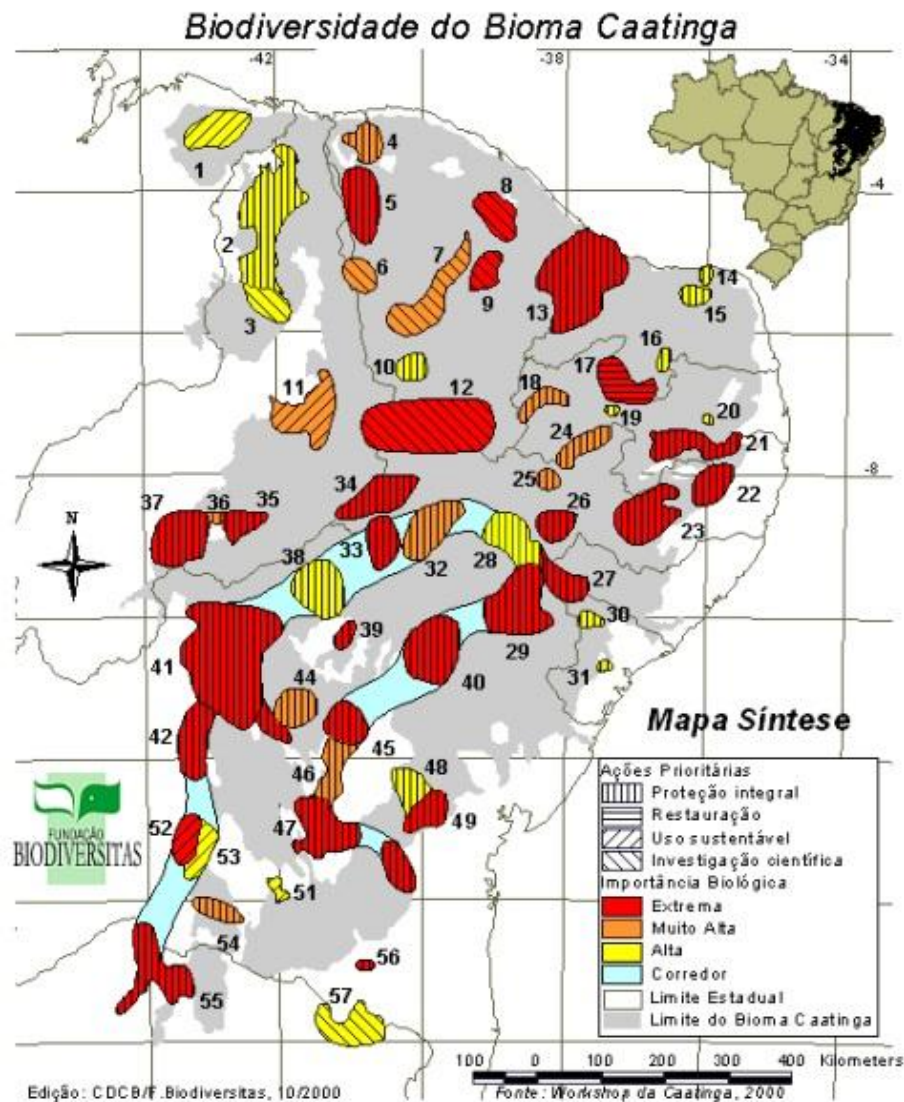
Fonte: LOPEZ e VILLALBA (2016).

A presença da espécie *S. brasiliensis* na forma de estacas e moirões de cercas, associado ao fato de que suas madeiras apresentam elevada durabilidade, poderá potencializar futuros estudos relacionados a sua dinâmica de crescimento, bem como a ampliação do conhecimento das relações climáticas e dos ecossistemas dos quais fazem parte. Estudos dendrocronológicos de reconstrução temporal com árvores vivas e mortas são possíveis, sendo que Lopez e Villalba (2016) obtiveram recentemente a primeira cronologia de *S. brasiliensis* do mundo e em bioma do Cerrado Boliviano. A presença de *S. brasiliensis* em cercas é frequente para algumas regiões brasileiras, apesar de serem reduzidos os registros de utilização de uso de suas madeiras em cercas (vivas e mortas), principalmente para a região nordeste e para a Caatinga.

Outro fator importante e que também está associado à espécie *S. brasiliensis* é a ausência de práticas sustentáveis relacionadas à reposição de suas madeiras em ambientes naturais a partir de novos indivíduos, considerando o valor e a importância que essa espécie demonstra ter para a região NEB. A prática do desmatamento, em particular para *S. brasiliensis*, fez com ela entrasse (2008) na lista de espécies da flora brasileira ameaçada de extinção, para os biomas Caatinga e Cerrado (Mma, 2015). Em 2014, a classificação dada pelo Centro Nacional de Conservação da

Flora (Cncflora, 2015), instituição ligada ao Ministério do meio ambiente do Brasil, foi modificada para essa espécie passando-a a ter classificação “DD”. Isso significa que a espécie *S. brasiliensis* apresenta “*dados insuficientes*”, o que significa dizer que, de acordo com a CNCFLORA, a “Braúna” é uma “*espécie sem informações suficientes para sua categorização de risco de extinção baseada na sua distribuição e/ou status populacional*” no Brasil (Cncflora, 2015). Contudo, a escassez do recurso florestal madeira dentro do bioma Caatinga pode ser percebida, dado o atual estado de devastação de suas florestas secas presentes no semiárido brasileiro, como mostra o mapa da biodiversidade da Caatinga (Fig. 1.2).

Figura 1.2: Distribuição espacial da biodiversidade do bioma Caatinga.



Fonte: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/04_ap_rj.pdf, acessados em 05/11/2016.

1.6 O município de Paulo Afonso, Bahia.

De acordo com o IBGE (2017) o município de Paulo Afonso-BA possui população estimada de 108.396 pessoas, sendo 56.426 do sexo feminino e 51.970 do sexo masculino distribuídas em um território de 1.579.723 km², com densidade demográfica aproximada de 68 hab/km². A história desse município é bastante recente em comparação com outras regiões do semiárido do NEB. Foi por volta do século XVIII habitado por bandeirantes portugueses, chefiados por Garcia d'Ávila, que ao subirem o rio São Francisco deram origem a essa história, onde, no ano de 1705, em convívio com os índios mariquitas e pancarus, esses primeiros colonizadores, dedicaram-se à lavoura e à criação de gado. Foi por volta do ano de 1725, que o senhor Paulo Viveiros Afonso, obteve a concessão da sesmaria situada na margem esquerda do rio São Francisco que cobria as terras alagoanas da “Cachoeira”, o que possibilitou a construção nas terras baianas, do seu lado direito, do arraial que acabaria dando origem ao povoado “Tapera de Paulo Afonso”. A partir desse arraial houve grande desenvolvimento comercial em função de toda a movimentação de gado na região, o que culminou como crescimento da comunidade. Somente em 1948, já como um lugarejo de representativo povoamento, iniciou-se o projeto de construção da companhia hidrelétrica do São Francisco, com o objetivo de aproveitar a energia da cachoeira desse município. Foi em torno das instalações da usina, localizada na fazenda Forquilha, que cresceu a cidade. O distrito de Paulo Afonso foi criado pela Lei Estadual nº 628, de 30 de dezembro de 1953, subordinado ao município de Glória. Foi elevado à categoria de município através da Lei Estadual nº 1.012, de 28 de abril de 1959 (<http://www.pauloafonso.ba.gov.br/novo/?p=noticias&i=4004>).

De acordo com dados do IBGE (2017), a população rural de Paulo Afonso-BA apresenta um total de 14.992 pessoas, o que corresponde a 12,5%. Do total de domicílios do município, 29.955 declararam possuir rendimento domiciliar, sendo 3899 domicílios localizados na área rural, o que corresponde a aproximadamente 13%. Quanto ao rendimento médio mensal de todos os trabalhadores declarados, cerca de 81% apresentam renda igual ou inferior a dois salários mínimos, onde cerca de 8% são trabalhadores qualificados da agropecuária, florestais, da caça e da pesca. Em relação ao tempo de permanência ininterrupto da população neste município, cerca de 69% afirmaram ter mais de 10 anos na região.

Através da avaliação da distribuição da biodiversidade do bioma Caatinga (Fig. 1.2), constata-se parte do efeito histórico do extrativismo imposto sobre as madeiras dessas florestas

secas ao longo do tempo, pois é possível perceber as dimensões e quantidades de áreas prioritárias de conservação, o que parece ser incipiente quando em comparação com a dimensão de toda a região NEB. Essa realidade é, no mínimo, preocupante no que tange ao estado de conservação dos recursos florestais ainda disponíveis para a região, tornando essas áreas passíveis de degradação, visto que a ação efetiva de proteção desses remanescentes não tem obtido resultados satisfatórios a ponto de impedir o avanço dos desmatamentos na Caatinga. A simples criação de unidades de conservação e a manutenção das áreas de preservação permanente na região não têm resolvido de forma efetiva o problema do esgotamento dos recursos florestais, pois só haverá alguma possibilidade de resolução se houver a associação de “reais” ações de controle, através dos órgãos de fiscalização, condicionadas à educação ambiental e inserção das comunidades locais, como veículos de transformação da realidade social em que vivem, desde a formatação dos projetos até sua execução.

A região ocupada pelo município de Paulo Afonso corresponde à cobertura vegetal típica da Caatinga, denominada “Savana-Estépica Arborizada” (Mma, 2017a). O semiárido NEB vem sendo continuamente explorado, por isso, a Caatinga encontra-se ameaçada, e isso vem ocorrendo através da contínua extração seletiva de espécies de maior interesse e uso das áreas desse bioma para pastagem (Ferraz et al., 2005). Essa realidade é observada em diferentes municípios do Brasil, não sendo diferente para o município de Paulo Afonso-BA. O que pode ser constatado através da análise da distribuição da biodiversidade para a Caatinga (Fig. 1.2), onde cerca de 23 áreas são consideradas de ação prioritária e de importância biológica extrema, estando o município de Paulo Afonso inserido na seção 27, o que reforça nossa preocupação quanto à conservação das espécies arbóreas dos poucos remanescentes ainda existentes da região.

1.7 A conservação e o desenvolvimento de tecnologias

Dentro de um cenário nada promissor no que diz respeito ao uso sustentável dos recursos florestais ainda existentes no bioma Caatinga, é necessário fomentar o desenvolvimento de novas tecnologias e que estejam relacionados a processos de maximização do uso desses recursos, de modo a torná-los mais eficientes, fazendo com que tudo que for extraído do ambiente tenha sua devida compensação e devida restauração. A compreensão de uso das estacas colabora nesse processo: se utilizarmos as madeiras que duram mais (por resistirem naturalmente à biodegradação), e ao mesmo tempo se garantirmos o correto ciclo de corte desses indivíduos em

áreas reflorestadas, em curto espaço de tempo, poderá ser possível uma convivência mais equilibrada entre o homem e a natureza, de modo a aproximá-lo dos processos sustentáveis de uso dos recursos florestais. Segundo a FAO (2012), em países em desenvolvimento (especialmente) as florestas representam emprego e meios de subsistência para uma grande parte da população, proporcionando uma rede de segurança econômica e alimentar, estando associadas também às taxas de desmatamento, aos índices de aumento populacional e seu nível de riqueza. É fato que da forma predatória como o homem tem atuado (consumo) nesses ambientes, esses processos tendem a culminar no esgotamento dos recursos o que só agravará os problemas ambientais e de sobrevivência dessas populações, que dependem dos ambientes naturais para sobreviverem.

É necessário e urgente que sejam desenvolvidos conhecimentos que potencializem o uso, reduzam o consumo e garantam a continuidade dos recursos ambientais às próximas gerações, em particular na Caatinga. Esse bioma tem sua biodiversidade superposta pela ocupação humana, de modo que padece pela forte pressão antrópica que atua de diferentes formas, principalmente através das práticas de criação de gado, desmatamentos associados à prática de agricultura, e extração de madeira e lenha (Andrade et al., 2005), modificando estruturalmente e fitofisionomicamente suas matas secas. É necessário sobreguardar os ecossistemas ainda remanescentes, de modo a garantir sua continuidade, como também a “ciência” deve contribuir através da busca constante de ferramentas que proporcionem não somente a sobrevivência humana que faz parte das comunidades que habitam o seu entorno, mas a produção de novos saberes, técnicas e tecnologias capazes de garantir a convivência sustentável entre o homem e a natureza. Estudos multidisciplinares da vegetação da Caatinga são fundamentais para sua conservação, especialmente os que tratam de questões ligadas a fitossociologia, determinando pontualmente aspectos da sua estrutura, composição, informações de densidade, frequência e dominância das espécies ocorrentes nessas comunidades, além de observarem as variações topográficas, tipo de solo e pluviosidade (Rizzini et al., 1988).

A fragmentação de habitats decorrente do desmatamento e o consumo desenfreado de seus recursos naturais têm contribuído para uma maior exposição das fronteiras desses ecossistemas, que acabam ficando expostas, tornam-se mais frágeis, perfazendo condições que influenciam negativamente sua conservação, mas que são ideais para que haja a entrada de espécies invasoras, como ocorre com *P. juliflora*, por ser a borda desses ambientes a área de

maior proteção, extremamente sensível a uma gama de efeitos degradadores, sendo mitigados quando em áreas de conservação. A fragmentação de habitats e a supressão da vegetação nativa estão entre as maiores ameaças à proteção da biodiversidade local (Myers et al., 2000). O desenvolvimento de unidades de conservação é importante, contudo, a manutenção da conservação da vegetação, ou mesmo de todo o ecossistema, não se dará somente pela “legalização de um espaço geográfico”, é preciso inserir as pessoas, os atores dos problemas ambientais. Estratégias de conservação começaram a requerer ações a fim de proteger não apenas a área legalmente delimitada, mas toda a rede de influências e interações ecológicas que fazem parte do ecossistema, e oferecem subsistência ao equilíbrio das condições ambientais (Navarro et al., 2003).

Essa rede de influências passa pela inserção das pessoas envolvidas no problema ambiental, que na maioria das vezes são os protagonistas de todo o processo de degradação, e, ao mesmo tempo, vítimas de suas próprias tomadas de decisões, que, na maioria das vezes, estão desvinculadas de saberes científicos que permeiem soluções sustentáveis para sanar suas dificuldades. A criação de unidades de conservação é um dos principais instrumentos para a manutenção da biodiversidade, uma vez que tem por objetivo a preservação dos recursos naturais locais (Bensuasan, 2006). No entanto, criar áreas de conservação ou de preservação, sem buscar a solução para os problemas enfrentados pelas comunidades que lutam pela sua subsistência só isolará mais ainda as pessoas dos ambientes nos quais elas próprias sobrevivem. A importância econômica-ecológica da Caatinga associado o tamanho desse bioma e o nível de alteração em que suas florestas encontram-se submetidas, justifica-se toda a preocupação quanto ao estado de proteção da biodiversidade dos seus ecossistemas (Pagotto, 2015).

A exploração das madeiras remanescentes ao semiárido promove a degradação do bioma Caatinga, comprometendo o seu estado sucessional, ampliando ainda mais a fragmentação dos habitats. Estudos em áreas antropizadas e que ainda apresentam remanescentes vegetais, podem contribuir para a ampliação dos conhecimentos necessários para o desenvolvimento de novas técnicas, ou mesmo a transformação de processos já existentes, de forma a atender as necessidades já existentes, o que se agrava ainda mais quando se verifica o atual estado de devastação em que se encontram grande parte desses ecossistemas. Estudos comparativos de áreas adjacentes em distintos estágios de sucessão representam uma forma eficiente de se compreender a mudança da estrutura de seus habitats e a própria disponibilidade de seus recursos

naturais após o uso antrópico (Quesada et al., 2009). É notório o conhecimento que o sertanejo assimilou ao longo do tempo em que tem convivido em áreas secas, como o semiárido, enfrentando o grave problema das secas e da fome, mas sempre buscando a melhor forma para superar esses diversos desafios que a natureza lhe impõe. Talvez o maior deles seja o próprio rigor hídrico sob o qual está submetido, fenômeno climático que contribui para a escassez dos recursos necessários para sua sobrevivência. Dentre os inúmeros problemas enfrentados pelas populações do NEB está o do uso de madeiras em cercas, e o esgotamento desses recursos em função dos séculos de exploração sem quaisquer preocupações de manejo ou técnicas sustentáveis.

O desenvolvimento de tecnologias que possam contribuir quanto à compreensão dos ciclos de corte das espécies utilizadas como recursos madeireiros e que tradicionalmente vem sendo utilizadas nas cercas, podem ajudar na redução da retirada de árvores, auxiliar nos processos silviculturais e até mesmo potencializar sua restauração, a partir do entendimento de sua dinâmica de corte, anatomia, estrutura de sua madeira, características mecânicas e a própria composição química. A flora brasileira é riquíssima em biodiversidade, porém, o número de espécies já estudado quanto a sua caracterização tecnológica e definição de suas madeiras são baixíssimos (Texeira, 2008). Todos esses conhecimentos contribuem para o entendimento mais adequado de uso racional do recurso florestal madeira, promovendo maior produtividade, durabilidade e, naturalmente, redução da retirada de madeira da vegetação local. Segundo Pareyn et al., (2015) o que é adotado para praticamente todos os Estados do NEB são normas técnicas que estabelecem ciclos de corte com no mínimo 15 anos, contudo, se considerarmos a influência da precipitação, áreas com média de chuvas anuais < 500 mm apresentam relação de produtividade de manejo florestal muito baixa, o que pode provocar prazos de recuperação muito longos que ultrapassam os 30 anos (>33 anos).

O desconhecimento da dinâmica de crescimento adotada por cada espécie em função do seu habitat e estratégias adaptativas desenvolvidas por esses organismos, podem fazer com que os processos de “tomadas de decisões”, muitas vezes completamente equivocadas em relação ao real procedimento a ser adotado, avancem quanto à otimização de sua exploração garantindo assim sua continuidade e consequente conservação dos recursos florestais. O que impede a correta e maior utilização de madeira como material estrutural no Brasil é a falta de informações e a elaboração de conceitos errados sobre esse recurso em relação às suas características e

possibilidades de aplicação (Lelles, 2007). Usar adequadamente a madeira depende do conhecimento sobre sua química, física e biologia (anatomia), porém, todas estas se relacionam de forma direta ou indireta, já que as características da madeira dependem dos processos metabólicos, fisiológicos e ecológicos realizados ao longo de sua existência. A origem da árvore está intimamente relacionada com as qualidades de sua madeira, sendo o solo, o clima, sua classificação botânica, sua fisiologia, anatomia do tecido lenhoso e a sua própria variação química, fatores preponderantes interferindo em suas características físicas (Hellmeister, 1983).

A física da madeira está relacionada à constituição molecular da celulose e da lignina, modificando suas resistências mecânicas (Nascimento, 1998). Na maioria das madeiras a densidade se apresenta correlacionada com a retrabilidade, secagem, trabalhabilidade, impregnabilidade, durabilidade natural e entre outras propriedades mecânicas (Chimelo, 1980; Gérard et al., 1995). A química interfere diretamente no comportamento físico, como na compressão, tração, flexão, fendilhamento, retração, inchamento, como também no uso de preservativo (Hellmeister, 1983). A densidade básica se correlaciona com as características biológicas descritas pela anatomia vegetal (Barrichelo et al., 1983). Sendo assim, características anatômicas da madeira como comprimento de fibra, espessura da parede, diâmetro do lume, proporção dos diversos tipos de células e tecidos, como vasos e parênquima apresentam algum tipo de relação com a densidade básica da espécie (Texeira, 2008), o que auxilia na compreensão da estrutura e caracterização da madeira potencializando seus usos, possibilitando a racionalização de seu consumo, contribuindo para sustentabilidade.

É preciso compreender a dinâmica de crescimento das espécies arbóreas utilizadas no NEB, para que não se cometam erros de análise e interpretação quanto a determinação dos procedimentos técnicos voltados para sua exploração, caso contrário, correremos sérios riscos de extrapolção ou mesmo subestimação de seus usos e potencialidades. O ciclo de exploração de suas madeiras deve ser cuidadosamente avaliado já que a idade das árvores interfere em suas características (Castro, 2011). A madeira apresenta diferentes características de acordo com a idade e com os tratamentos silviculturais nela aplicada (Rocha, 2011). São fatores importantes a variação na composição química, física e anatômica da madeira entre as espécies, e dentro da mesma espécie, principalmente pela idade, fatores genéticos e ambientais (Trugilho et al., 1996). O ciclo de corte de florestas que são exploradas quanto ao aproveitamento de suas madeiras tem desconsiderado sua rotação, crescimento das espécies e maior qualidade de suas madeiras (Rodriguez et al., 1997).

A retirada de madeira de forma indiscriminada dos remanescentes florestais para fins de benfeitorias em propriedades rurais, uso de lenha ou produção de carvão, associadas às queimadas sucessivas e acompanhadas de manejo inadequado do solo, tem contribuído juntamente com as secas prolongadas que ocorrem frequentemente no NEB, fragilizando ainda mais o já comprometido equilíbrio ecológico do semiárido (Albuquerque et al., 2001). As florestas são ambientes extremamente vulneráveis à variação pluviométrica e de temperatura ocasionada pelas mudanças climáticas, o que pode provocar nas árvores diminuição de sua condutância estomática, área foliar, e fixação de carbono, o que limita a composição de espécies nos ecossistemas (Bonan, 2008).

1.8 A dendrocronologia e o crescimento das árvores

Como se comporta o crescimento das plantas em uma comunidade em função das condições climáticas e ambientais ao longo do tempo é uma das questões principais da dendroecologia, podendo ser essa ferramenta muito útil quanto ao entendimento da dinâmica das espécies florestais da Caatinga, assim como o comportamento de espécies invasoras. A dendrocronologia corresponde ao estudo da sequência cronológica de formação de anéis de crescimento em espécies lenhosas associadas a eventos ou características ambientais (Stokes e Smiley, 1996). Tomazello et al., (2009) afirma que a dendrocronologia é conceituada como a ciência que permite a detecção e análise dos anéis de crescimento de madeira de árvores e pedaços de madeira, incluindo a aplicação da informação em sua estrutura, para estudos ambientais e históricos.

A formação do lenho através das divisões celulares periclinais e anticlinais do meristema secundário, ou câmbio, é fortemente influenciado pela estacionalidade climática, pelas características do solo, entre outras. Essa influência é evidenciada em variações qualitativas e quantitativas na estrutura anatômica do lenho (Marcati et al., 2001; Metcalfe e Chalk, 1985). Como resultado observa-se nas plantas arbóreas e arbustivas os anéis de crescimento. Entre os caracteres notadamente influenciados pelo clima e solo estão o comprimento das fibras e dos vasos, espessura da parede das fibras, diâmetro tangencial dos vasos, frequência de vasos por milímetro quadrado, presença de cristais prismáticos e sílica (Baas e Schweingruber, 1987; Carlquist, 1988).

A descoberta de ciclos sazonais de crescimento em espécies tropicais e subtropicais fazem da dendrocronologia uma ferramenta promissora para o estudo da estrutura e, principalmente, da dinâmica dessas florestas estando associado à forte sazonalidade climática que define uma estação de crescimento e outra de dormência a cada ano nas espécies vegetais (Oliveira et al., 2007). Em vários estudos realizados na região tropical a precipitação tem sido identificada como um fator primordial no crescimento (Lisi et al., 2008). Uma estação seca anual com dois ou três meses e precipitação mensal abaixo de 60 mm induz à formação de anéis de crescimento anuais em diversas espécies, e muitas áreas da região tropical e do Brasil apresentam este tipo de característica (Worbes, 1990). O crescimento vegetal é condicionado por uma série de fatores e as camadas de crescimento de espécies lenhosas podem conter o registro de diversos destes fatores (Brandes et al., 2011). Estudos de dendrocronologia retratam as características tecnológicas das madeiras das espécies florestais, permitindo a definição correta de seu emprego, bem como de práticas que possibilitem sua exploração sustentável.

A dendrocronologia ainda está se desenvolvendo e consolidando no Brasil, uma vez que estudos ligados a anéis de crescimento em regiões tropicais são bastante recentes em comparação a outras regiões de clima temperado. Tomazello et al., (2009) afirmam que para o Brasil as publicações de Alvim (1964) e Alvim e Alvim (1978) sobre a periodicidade do crescimento das árvores e o clima tropical foram os primeiros registros. O NEB representa uma região pouco explorada por estudos de dendrocronologia. Nesta região observa-se uma estacionalidade climática bimodal bem acentuada com um período chuvoso (outono-inverno) seguido por outro seco (primavera-verão) que favorece a formação de camadas de crescimento no xilema secundário das espécies lenhosas (Tsuchiya, 1990).

Espécies como *Caesalpinia pyramidales* e *Cnidoscolus phyllacanthus*, reiniciam a atividade vegetativa com o início do período de chuvas (Tsuchiya, 1995) evidenciando grande variabilidade anual nas larguras radiais dos anéis de crescimento, de acordo com o tempo de duração de cada período de seca. *Mimosa acutistipula* e *Astronium urundeuva*, formam anéis de crescimento maiores e com maior número de vasos nos anos com elevado conteúdo de água no solo, e em anos mais secos, tanto o tamanho dos anéis de crescimento como o número de vasos diminuem (Tsuchiya, 1995). *Aspidosperma pyrifolium* e *Mimosa hostilis*, demonstraram forte correlação entre as larguras radiais dos anéis de crescimento e a precipitação que se produz nos meses de maior déficit hídrico (Tsuchiya, 1988). Nogueira Júnior (2011) demonstrou que a

peroba (*Pachira stenopetala*) apresentou anéis de crescimento anuais no bioma Caatinga, formados em função da precipitação pluviométrica do ano corrente, sendo que o aumento da temperatura no ano anterior (a partir de setembro) foi o fator determinante na diminuição da atividade do câmbio. Anholetto Júnior (2013) realizou importante estudo dendrocronológico quanto à composição isotópica (δ^{13}) dos anéis de crescimento de árvores de *Cedrela odorata* na Caatinga e Mata Atlântica do Estado de Sergipe, corroborando com os resultados obtidos por Nogueira Júnior (2011). Cardoso (2014) analisou os anéis de crescimento de *S. brasiliensis* na Caatinga em Sergipe, obtendo uma cronologia expandida no tempo com madeira de construção rural, que correlacionou com a precipitação regional e a Temperatura da Superfície do Atlântico Sul (TSA). Pagotto et al., (2015), também na Caatinga, realizou estudo dendrocronológico com as espécies *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P Queiroz (catingueira) e *Aspidosperma pyrifolium* Mart. (pereiro), demonstrando que essas espécies endêmicas do semiárido brasileiro, apresentam anéis de crescimento de formação anual, o que permitiu a construção de cronologias com significativa correlação com a precipitação local e a TSA. Esses trabalhos demonstram que árvores da Caatinga formam anéis de crescimento e que podem ser aplicados para estudos voltados à conservação e também de silvicultura, assim como estudos climáticos de ocorrência e intensidade dos fenômenos extremos globais, eventos ENSO e a própria TSA e suas possíveis relações com a dinâmica regional das chuvas e temperaturas.

A exploração das florestas historiada para o Nordeste e em especial a degradação dos ecossistemas, tem gerado a perda de informações importantes que foram registradas pelas árvores e, por isso devem ser priorizadas pesquisas em florestas tropicais (Boninsegna et al., 2009). As características anatômicas e a densidade da madeira podem variar entre gêneros, espécies de um mesmo gênero, entre árvores dentro de uma mesma espécie e entre diferentes partes das árvores, no sentido longitudinal e radial (Silva, 2004). Estas variações, segundo Kollmann e Cotê (1968), se devem às diferenças na estrutura anatômica da madeira e na quantidade de substâncias extrativas presentes por unidade de volume, sendo função, principalmente, da idade da árvore, genótipo, índice de sítio, clima, localização geográfica e tratamentos silviculturais. Esses estudos aplicados para espécies comuns no bioma Caatinga podem representar uma importante ferramenta de elucidação das questões concernentes à qualidade da madeira e sua correta aplicação, contribuindo para o desenvolvimento de novas tecnologias e promovendo saberes que fomentem a subsistência humana e das demais espécies que habitam esse bioma de Matas Secas.

Devemos aperfeiçoar o uso desses recursos em busca de processos sustentáveis, em especial a utilização das madeiras, possibilitando a conservação das espécies nativas promovendo sua estabilização nos ecossistemas e contribuindo para o recuo das espécies invasoras que tanto têm modificado os biomas em todo o mundo.

1.9 O clima no Nordeste do Brasil (NEB)

O clima de qualquer região é determinado em grande parte pela circulação geral da atmosfera (Ferreira e Mello, 2005). Isso ocorre principalmente pelo aquecimento diferencial da crosta terrestre em função da intensidade solar e a distribuição irregular dos oceanos, como também pelas próprias características topográficas da região. É necessário estabelecer um melhor entendimento das conexões entre clima e tempo, tendo em vista que muitos processos de tomada de decisões na sociedade e muitos dos impactos da variabilidade climática estão ligados aos eventos de tempo, especialmente eventos extremos de precipitação (Grimm, 2004). O NEB possui o deslocamento da Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) como sendo o principal sistema atmosférico controlador do quão eficiente ou deficiente serão suas chuvas, o que está relacionado diretamente com os padrões de Temperatura da Superfície do Atlântico (TSA) (Uvo, 1989). Para Polzin e Hastenrath (2014) a ZCIT é a fonte de chuvas mais importante para NEB, estando as secas condicionadas a fenômenos que anormalmente tornam as águas mais quentes e de baixa pressão ao Norte, o que faz com que a ZCIT permaneça no extremo Norte (Kucharski et al., 2008).

O setor norte do (NEB), particularmente o semiárido, constitui-se numa região extremamente anômala quanto à distribuição de chuvas, em relação a outras regiões localizadas nas mesmas latitudes (como a Amazônia) (Alves e Repelli, 1992). A variabilidade interanual da distribuição de chuvas no NEB, tanto em escala espacial quanto temporal, está intimamente relacionada com as mudanças nas configurações de circulação atmosférica de grande escala e com a interação oceano-atmosfera no Pacífico e no Atlântico (Molion e Bernardo, 2002). Desse modo, o NEB apresenta grande variação entre os períodos de chuva (outono e inverno) e períodos secos (primavera e verão), principalmente as chuvas de verão, por afetarem, em muitos anos, significativamente as médias de chuva anuais preditas para o semiárido. Silva et al., (2012) verificou através da análise de séries de precipitação para o NEB entre 1935 a 2000 que a distribuição espacial da precipitação e do número de dias chuvosos para essa região não foi

uniforme, variando sensivelmente de acordo com sua localização geográfica. Esse tipo de variação é relativamente comum na Caatinga devido à penetração das frentes frias no NEB, sendo responsável por grande parte das chuvas que ocorrem entre os meses de dezembro a fevereiro, tipicamente caracterizadas como chuvas de verão, sendo denominadas de “trovoadas” quando associadas a grandes volumes de precipitação acumulados em poucos dias. Essas chuvas que ocorrem fora do período chuvoso, que para o semiárido ocorrem principalmente entre os meses de março a julho, também podem ser determinadas pela ação do Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN), que contribui em sua periferia (do conjunto de nuvens) para o aumento das chuvas no período de janeiro a fevereiro, com duração média de poucos dias (7 a 10 dias), atuando no sentido horário de Leste para Oeste do oceano Atlântico em direção ao NEB (Ferreira e Mello, 2005).

Essa dinâmica natural dos sistemas atuantes sobre as chuvas no NEB trazem consequências sérias para a sobrevivência das populações humanas que habitam nessa região, especialmente no semiárido, em função das dificuldades enfrentadas pelas constantes secas e consequente rigor hídrico. O Semiárido é periodicamente afetado pela ocorrência de secas com perdas parciais ou totais na agropecuária, além de comprometer o abastecimento de água devido (principalmente) à irregularidade da estação chuvosa na região, com predominância de chuvas intensas e de curta duração (Silva et al., 1998). Estudos recentes indicam que esta região vem sofrendo com fortes variabilidades climáticas (Pimenta et al., 1998; Silva, 2004; Sousa Júnior, 2006; David et al., 2010). Avaliações de séries de precipitação para a região NEB têm demonstrado que em alguns anos é possível observar no máximo 12 dias de chuva no semiárido, com coeficientes de variação entre 140% e 300% para precipitação e 120% e 280% para o número de dias com chuva, sendo a razão desse fenômeno a presença de eventos de chuva mesmo em períodos secos dados os altos valores dos desvios padrão verificados, podendo chegar a 80% (Silva et al., 2012). Essa variabilidade dificulta a prática da agricultura de subsistência na região, principalmente pelos mais necessitados, pobres economicamente, sem qualquer apoio institucional e conhecimentos técnicos adequados para enfrentar a seca no semiárido nordestino. Grande parte do semiárido do NEB, onde há agricultura não-irrigada, a atividade agrícola apresenta-se como marginal, o que é agravado pelo fato da prática da agricultura de subsistência ser ainda mais inadequada (David et al., 2010).

O sertão nordestino apresenta-se como a região mais vulnerável às mudanças climáticas no Brasil em função do seu déficit hídrico, problemas de solos e ausência de rios perenes, estando sujeitas a mudanças fitogeográficas, práticas econômicas e sociais (Nobrega e Santiago, 2016). O NEB apresenta chuvas irregulares, dificuldade de acesso a água, extensos períodos de estiagens com secas recorrentes que afetam principalmente os mais pobres, que praticam agricultura familiar, o que torna a região como área de risco (“*hot spot*”) aos processos de mudanças climáticas futuras (Marengo, 2008; Simões et al., 2010; IPCC, 2013). De acordo com Obermaier e Rosa (2013) as questões relacionadas aos problemas ligados às mudanças climáticas não estão sendo tratadas de forma transversal em nosso país, o que poderá implicar em consequências fundamentais para a sobrevivência dos grupos mais vulneráveis que estejam localizados em áreas de risco, como o NEB.

Há suficientes evidências observacionais de que as condições oceânicas e atmosféricas, nas áreas tropicais no Atlântico e no Pacífico, influenciam fortemente na variabilidade interanual do clima sobre as Américas (Aragão, 1986; Aragão et al., 1994; Hastenrath e Heller, 1977; Moura e Shukla, 1981; Hastenrath et al., 1984; Hastenrath e Greischar, 1993; Moura et al., 2000). Este fato tem motivado diversas pesquisas sobre as relações entre as temperaturas da superfície do mar (TSM) dos Oceanos Pacífico e Atlântico e a precipitação no NEB (Saravanan e Chang, 2000; Pezzi e Cavalcanti, 2001; Giannini, et al., 2004; Andreoli et al., 2004; Kayano e Andreoli, 2004; Ambrizzi et al., 2004; Souza et al., 2004). O decréscimo da precipitação para a região NEB está associada ao ENSO e às fases do dipolo de TSM no Atlântico Tropical, evidenciando a influência dos padrões térmicos dos oceanos tropicais sobre o clima dessa região (Alves, 2012).

O fenômeno ENSO e a TSM no Atlântico tropical interferem significativamente na variabilidade climática interanual do NEB, onde anos de El Niño e La Niña estão associados com as fases positivas e negativas do padrão de dipolo de TSM (Alves, 2012). Em anos de ocorrência de La Niña ocorreram aumentos dos totais anuais de precipitação para o NEB. Um exemplo dessa interferência foi verificado através dos resultados obtidos por Alves (2012). Segundo esse autor, parte da região norte da Bahia, por exemplo, apresentou aumentos na ordem de 250 mm em relação à diferença entre os anos de 1992-2007 quando comparados a 1976-1990, o que implica dizer que o total de precipitação médio, dos anos de La Niña para o período compreendido entre 1991-2005 foi menor, quando comparado ao período de 1974-1990 e a 1974-2005. Alves (2012) também observou variação quanto à influência do fenômeno El Niño. Obteve para a mesma

região e período, entre 1974-1990, aumento do total médio anual de chuvas, em comparação ao período de 1991-2005.

Estudos recentes têm demonstrado que a frequência de chuvas sobre a América do Sul tem aumentado e sido mais intensa (Marengo e Ambrizzi, 2006; Wilby, 2008). No entanto, essas projeções parecem não se aplicar para o NEB, já que, nos últimos anos, o semiárido nordestino tem apresentado as menores quantidades totais de chuva em relação ao número de dias com chuva no ano, sendo observados, em diferentes regiões do NEB, valores menores que 50 dias ao ano, o que pode ser confirmado pelos elevados coeficientes de variação da precipitação registrados para o NEB em relação ao número de dias de chuva para a região, o que demonstra uma forte relação com os fenômenos globais El Niño e La Niña, que de forma recorrente têm interferido no clima dessa região (Silva et al., 2012). É necessário que seja identificada a presença de sinais de mudanças nos padrões climáticos para o NEB, já que os modelos climáticos avaliados não convergem em termos de projeções pluviométricas (Nobrega e Santiago, 2016), apesar da confirmação de sua potencialização bem como o aumento da temperatura local (Marengo, 2008).

A temperatura média global é um indicador simples da variabilidade interna do clima em simulações com modelos e em observações (David et al., 2010). Avaliações regionais de temperatura realizadas na América do Sul têm demonstrado tendência de aquecimento em função da presença de noites mais quentes, quando comparado a períodos anteriores (Haylock et al., 2006; Collins et al., 2009). Marengo et al., (2009a), através de modelagem regional com o programa PRECIS (Providing Regional Climate for Impacts Studies), comparando extremos de precipitação e temperatura para a América do Sul em cenários passados (1961-1990) e futuros (2070-2100), observou que o clima futuro apresentará aumento das noites quentes e redução das noites mais frias em toda a América do Sul.

Alves (2012) verificou que as variações climáticas no NEB em relação aos eventos globais extremos, tais como o El Niño Oscilação Sul (ENSO), TSM no Atlântico Tropical, como também a Oscilação Decadal do Pacífico (ODP), podem ocasionar reduções nas chuvas e aumentos nas temperaturas para o NEB. Nesse mesmo trabalho, Alves (2012) obteve resultados que nos permitem afirmar que para a região norte da Bahia, em particular o município de Paulo Afonso-BA, as reduções nos volumes de precipitação podem chegar à ordem de 300 mm no volume total de precipitação anual, enquanto os aumentos de temperatura média do ar podem

chegar a valores entre 0,4°C e 0,5°C. Esses resultados de temperatura obtidos por Alves (2012) não são conclusivos, contudo, foram semelhantes aos descritos por Collins et al., (2009) para o período após 1992-2007 quando comparado a 1976-1990.

Estudos climatológicos que possibilitem maiores compreensões quanto à dinâmica climática e respostas fisiológicas em florestas tropicais para o semiárido brasileiro são fundamentais, visto que o sertão nordestino tem sofrido com a irregularidade espacial e temporal de suas precipitações com longos períodos de seca ou estiagem (Sales et al., 2015). Para Marengo et al., (2010) o NEB pode experimentar maiores deficiências quanto à precipitação local bem como aumentos de temperatura que podem chegar a 6°C e 8°C mais quentes que o atual cenário na região tropical. Essas projeções também foram observadas através de modelagens realizados por Sales et al., (2015) onde verificaram (na maioria dos modelos testados) redução quanto à precipitação no inverno e primavera em médio (2046-2065) e longo prazo (2080-2099) com aumento de precipitação nos meses de verão tanto para curto (2016-2035), quanto para médio e longo prazos.

REFERÊNCIAS

ALBUQUERQUE, A. W.; LOMBARDI NETO, F.; SRINIVASAN, V. S. Efeito do desmatamento da Caatinga sobre as perdas de solo e água de um luvisolo em Sumé (PB). **R. Bras. Ci. Solo**, v. 25, p. 121-128. 2001

ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P. **Métodos e Técnicas na Pesquisa Etonobotânica**. Recife: Ed. Livro Rápido, 2004.

ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; ALENCAR, N. L. Métodos e técnicas para coleta de dados etnobiológicos. In: Albuquerque, U. P. Albuquerque, R. f. P. Lucena e L. V. F. C. Cunha (Coord.). **Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica**. NUPPEA. Teresina. 2010.

ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifolia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botânica Brasilica**, 17(2), p. 287-303. 2003.

ALVES, M. O. **Agora o nordeste vai. Experiência de desenvolvimento local: o caso do município de Tejuçuoca, Ceará**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 136p. 1999.

ALVES, J. J. A. **Biogeografia**. João Pessoa. Editora Fotograf. 108p. 2008.

ALVES, J. M. B. Recentes variações climáticas no nordeste do Brasil com ênfase a precipitação: relações com o ENOS, Dipolo de Temperatura da Superfície do Mar no Atlântico Tropical e a Oscilação Decadal do Pacífico. **Revista de Geografia UFPE**, v. 29, n. 3. 2012. Disponível em: <http://www.revista.ufpe.br/revistageografia/index.php/revista/article/viewFile/509/469>. Acessado em 21/11/2016.

ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do Nordeste e os eventos El Niño-oscilação sul (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 7(2), p. 583-592. 1992.

AMBRIZZI, T.; SOUZA, E. B.; PULWARTY, R. S. The Hadley and walker regional circulations and associated ENSO impacts on south american seasonal rainfall. In: DIAZ, H. F. BRADLEY R. S. (Eds.). **The hadley circulation: present, past and future**. Kluwer Publishers, Chapter 7, p. 203-235. 2004.

ANDRADE-LIMA, D. **Um pouco de ecologia para o Nordeste**. Recife, PE. UFPE. 1981.

ANDRADE, L. A.; FABRICANTE, J. R.; ALVES, A. S. Algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.): Impactos sobre a Fitodiversidade e Estratégias de Colonização em Área Invadida na Paraíba, Brasil. **Natureza e Conservação**, 6, p. 61-67. 2008.

ANDRADE, L. A.; FABRICANTEL, J. R.; OLIVEIRAL, F. X. Invasão biológica por *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.: impactos sobre a diversidade e a estrutura do componente arbustivo-arbóreo da caatinga no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Revista Acta bot.** v. 23(4), p. 935-943. 2009.

ANDRADE, L. A.; FABRICANTEL, J. R.; OLIVEIRAL, F. X. Impactos da invasão de *Prosopis juliflora* (sw.) DC. (*Fabaceae*) sobre o estrato arbustivo-arbóreo em áreas de Caatinga no Estado da Paraíba, Brasil. **Acta Scientiarum. Biological Sciences**, v. 32, n. 3, p. 249-255. 2010.

ANDRADE, M. C. **A terra e o homem no Nordeste: contribuição ao estudo da questão agrária no nordeste.** Cortez Editora. São Paulo. 334p. 2011.

ANDRADE, L. A.; PEREIRA, I. M.; LEITE, U. T.; BARBOSA, M. R. V. Análise da cobertura de duas fisionomias de caatinga, com diferentes históricos de uso, no município de São João do Cariri, Estado da Paraíba. **Cerne**, Lavras, v. 11, n. 3, p. 253-262. 2005.

ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T.; GUEDES, R. L.; OYAMA, M. D.; ALVES, M. A. S. A influência da temperatura da superfície do mar dos oceanos Pacífico e Atlântico na variabilidade de precipitação em Fortaleza. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 19, n. 3, p. 337-344. 2004.

ANHOLETO JÚNIOR, C. R. **Dendrocronologia e composição isotópica (δ^{13}) dos anéis de crescimento de árvores de *Cedrela odorata*, *Meliaceae*, na Caatinga e Mata Atlântica do Estado de Sergipe, Brasil.** Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. 90p. 2013.

APG. Angiosperm Phylogeny Group. Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical journal of the Linnean Society**, v. 161, p. 105-121. 2009.

ARAGÃO, J. O. R. A general circulation model investigation of the atmospheric response to El Niño. **National Center for Atmospheric Research (NCAR)/CT-100: Boulder-CO, U.S.A.** 144p. 1986

ARAGÃO, J. O. R.; ROUCOU, P.; HARZALLAH, A.; FONTAINE, B.; JANICOT, S. Variabilité atmosphérique sur le Nordeste brésilien dans le modèle de circulation générale du LMD (1970-1988). In: **Publications de l'Association Internationale de Climatologie, Grécia.** Resumos... Panglotis Maheras n.7, p. 432-438p. 1994.

ARAÚJO FILHO, J. A. **Desenvolvimento sustentável da caatinga. Sobral (CE):** Ministério da Agricultura/ EMBRAPA/CNPQ. 45p. 1996.

ARAÚJO FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. **Ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil.** Embrapa, v. 1, p. 1-7. 2002.

AZEVEDO, P.V.; SILVA, B. B.; RODRIGUES, M. F. G. Previsão Estatística das Chuvas de Outono no Estado do Ceará. **Rev. Bras. de Meteorologia**, v. 13, n. 1, p. 19-30. 1998.

BAAS, P.; SCHWEINGRUBER, F. H. Ecological trends in the wood anatomy of trees, shrubs and climbers from Europe. **IAWA Bulletin**, Leiden, v. 8, n. 3, p. 245-274, 1987.

BAILEY, K. **Methods of social research**. The Free press. New York. 1994.

BARBOSA, T. R. L.; SILVA, M. P. S.; BARROSO, D. G. **Plantio do sabiazeiro em pequenas e médias propriedades**. Programa Rio Rural, Niterói. 2008.

BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus spp*. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 726-731. 1983.

BENSUSAN, N. **Conservação da biodiversidade em áreas protegidas**. Rio de Janeiro: Ed. FGV, 2006.

BONAN, G. B. Forests e climate change: forcings, feedbacks, e the climate benefits of forests. **Science**, v. 320, p. 1444-1449. 2008.

BLASING, T. J.; SOLOMON, A. S.; DUVICK, D. N. Response functions revisited. **Tree-Ring Bulletin**, v. 44, p. 1-17. 1984.

BONINSEGNA, J. A.; ARGOLLO, J.; ARAVENA, J. C.; BARICHIVICH, J.; CHRISTIE, D.; FERRERO, M. E.; LARA, A.; QUESNE, C.; LUCKMAN, B. H.; MASIOKAS, M.; MORALES, M. OLIVEIRA, J. M.; ROIG, F.; SRUR, A.; VILLALBA, R. Dendroclimatological reconstructions in South America: A review. **Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology**, v. 281, p. 210-228. 2009.

BRAND, M. A.; ANZALDO, J.; MORESCHI, J. C. Novos produtos para o tratamento preservante da madeira. “perspectivas da pesquisa e utilização”. **Floresta**, v. 36, n.1. 2006.

BRANDES, A. F. N.; LISI, C. S.; BARROS C. F. Dendrochronology of lianas of the Leguminosae family from the Atlantic Forest, Brazil. **Trees**. 2011.

CAMARGO, A. L. **Desenvolvimento sustentável – Dimensões e desafios**. Campinas, SP. Papirus. p. 79-80. 2003.

CAMELO FILHO, J. V. A Dinâmica Política, Econômica e Social do Rio São Francisco e do seu Vale. **Revista do Departamento de Geografia UFRN**, v. 17, p. 83-93. 2005.

CAPOBIANCO, J. P. (org.). **Dossiê Mata Atlântica: projeto monitoramento participativo da Mata Atlântica**. RMA/ISA/SNE. Brasília. 15p. 2001.

CARDOSO, D. S. **Caracterização anatômica da madeira e potencial dendrocronológico de *Schinopsis brasilienses* ENGL (Anacardiaceae) na caatinga sergipana**. Dissertação de mestrado UFS, São Cristóvão. 80p. 2014.

CARLQUIST, S. **Comparative wood anatomy: systematic ecological and evolutionary aspects of Dicotyledonean wood**. Berlin: Springer Verlag. 436p. 1988.

CARVALHO, T. H. DE; MAIA, C. M. N. DE A.; AMORIM, G. C. **Seleção de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) leguminosa madeireira e forrageira, para obtenção de plantas sem acúleos.** Coleção mossoroense. Série B, 782p. 1990.

CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus sp.* na madeira e carvão vegetal.** Dissertação de mestrado Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 98p. 2011.

CHAVES, E. M. F.; CHAVES, E. B. F.; SÉRVIO JÚNIOR, E. M. BARROS, R. F. M. **Conhecimento Tradicional: A Cultura das Cercas de Madeira no Piauí, Nordeste do Brasil. Revista Etnobiología**, v. 12(1), p. 31-43. 2014.

CHIMELO, J. P. **Development of a probability-based computerized characterization system for identification and for property prediction of selected tropical hardwoods.** These Doctored. Virginia. Polytechnic Institute and State University, Blacksburg. 206p. 1980.

CNCFLORA. CENTRO NACIONAL DE CONSERVAÇÃO DA FLORA. **Lista Vermelha.** 2015. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>. Acessado em 30/10/2015.

COLLINS, J. M.; CHAVES, R.; MARQUES, V. S. Temperature variability over South America. **Journal of Climate**, v. 22, p. 5854-5868. 2009.

CORADIN, V. T. R.; MUÑIZ, G. I. B. de. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae.** Laboratório de Produtos Florestais. Série Técnica, Brasília v. 15, p. 1-19, 1992.

COSTA FILHO, R. T. **Crescimento de mudas de *Mimosa caesalpiniiifolia* Benth e *Astronium fraxinifolium* Schott em resposta à calagem e adubação fosfatada.** Tese (doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veteriárias. 48p. 2010.

CRONK, Q. C. B.; FULLER, J. L. **Plant invaders: the threat to natural ecosystems.** London: Chaman e Hall. 241p. 1995.

DAVID, N. S.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S.; SILVA, R. A. Estudo de alguns cenários climáticos para o Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p. 492-500. 2010.

D'ÁVILA, J. S.; LINHARES, P. S. Assentamento Sustentável de “Sem Terras” as Márgens do Poluído Rio São Francisco. In: **XVIII Congresso Internacional de Ingenieria Sanitaria y Ambiental, Cancun, Anais...** Federación Mexicana de Ingenieria Sanitaria y Ciencias Ambientales: México, 2002.

DADSWELL, H. E. The anatomy of eucalypt rás. **CSIRO Forest Products Laboratory**, n. 66, p.1-28, 1972.

DÖBEREINER, J. Efeito da inoculação de sementeira de sabiá (*Mimosa caesalpinifolia* Benth) no estabelecimento e desenvolvimento das mudas no campo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. 2: p. 301-305. 1967.

DRUMOND, M. A. **Avaliação e identificação de ações para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. APNE. Petrolina. 2000.

DRUMOND, M. A.; PIEDADE, K. L. H.; FERNANDES, L. P. C.; CAVALCANTE, O. M.; RIBEIRO, O. V.; GONZAGA, A. S.; DE SOUZA, N. C. E.; CAVALCANTI, J. **Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. Documento para discussão no GT Estratégias para o Uso Sustentável. Petrolina. 23 p. 2000.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Plantio de leguminosas arbóreas para produção de moirões vivos e construção de cercas ecológicas: os diferentes modelos de cercas utilizadas nas propriedades rurais do Brasil**. 2014. Disponível em <r  s://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Moirao/MoiraoVivoCercaEcologica>. Download em 11 de junho de 2014.

FAO – Food and Agriculture Organization. **State of the Word’s Forests**. Main Report. Rome, 378p. 2012.

FOELKEL, C. E. B.; BARRICHELO, L. E. G.; MILANEZ, A. F. **Estudo comparativo das madeiras de *E. saligna*, *E. paniculata*, *E. citriodora*, *E. maculata* e *E. tereticornis* para produ  o de celulose sulfato**. IPEF, n.10, p.17-37, 1975.

FERREIRA, G. L. B. V.; PASCUCHI, P. M. Zona de Amortecimento: A prote  o ao entorno das unidades de conserva  o. In: **  mbito Jurídico**. Rio Grande, n. 63. 2009. Disponível em <r  s://www.ambito-juridico.com.br/site/index.php> (verificado em 02 de outubro de 2011).

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influência dos Oceanos P  cifico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, Vol. 1, n. 1, 1-14p. 2005.

FOXCROFT, L. C.; ROUGET, M.; RICHARDSON, D. M.; MACFADYEN, S. Reconstructing fifty years of *Opuntia stricta* invasion in the Kruger National Park: environmental determinants and propagule pressure. **Diversity and Distributions**, v. 10, p. 427-437. 2004.

FRIEDMAN, J.; YANIV, Z.; DAFNI, A.; PALEWITCH, D. A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the negev desert Israel. **Journal of Ethnopharmacology**, v. 16, p. 275-287. 1986.

FRIES, J.; HEERMANS, J. Natural management in semi-arid Africa: status and research needs. In: **Workshop on Partipatory Management of Natural Forests in the Sahelian Zone**. Ouagadougou, Burkina, 15p. 1990.

FRITTS, H. C. Tree rings and climate. The Blackburn press, New Jersey. 1976. In: DEVAL, M. S.; PARRESOL, B. R.; WRIGHT, S. J. **Dendroecological analysis of *Cordia alliodora*, *Pseudobombax septenatum* and *Annona spraguei* in Central Panama**. AWA Journ al, vol. 16(4), p. 411-424. 1995.

GALIMBERTI, U. **Psiche e Techne: o homem na idade da técnica**. São Paulo: Paulus. 918p. 2006.

GALINDO, I. C. L.; RIBEIRO, M. R.; SANTOS, M. F. A. V.; FERNANDES LIMA, F. W.; FERREIRA, R. F. A. L. Relações solo-vegetação em áreas sob processo de desertificação no Município de Jataúba, PE. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 32, p. 1-14. 2008.

GÉRARD, J.; BAILLÈRES, H.; FOURNIER, M.; THIBAUT, B. Qualité du bois chez les eucalyptos de plantation. Etude de variation de tro is propriétésde référence. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 245, p. 101-111. 1995.

GIANNINI, A.; SARAVANAN, R.; CHANG, P. The preconditioning role of Tropical Atlantic Variability in the development of the ENSO teleconnection: implications for the prediction of Nordeste rainfall. **Climate Dynamics**, v. 22, p. 839-855. 2004.

GILBERT, B.; LEVINE, J. M. Plant invasions and extinction debts. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 110(5), p. 1744-1749. 2013.

GONÇALVES, C. A.; FERNANDES, M. M.; ANDRADE, A. M. Celulose e carvão vegetal de *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth (Sabiá). **Revista Floresta e Ambiente**, v. 6, n. 1, p. 51-58. 1999.

GONÇALVES, F. G.; LELIS, R. C. C.; OLIVEIRA, J. T. S. Influência da composição da resina taninouréia-formaldeído nas propriedades físicas e mecânicas de chapas aglomeradas. **Revista Árvore**, v. 32, n. 4, p. 715-722. 2008.

GONÇALVES, C. A.; LELIS, R. C. C.; ABREU, H. S. Caracterização físico-química da madeira de sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 54-62. 2010.

GONÇALVES, G. S.; LEONALDO, A. A.; XAVIER, K. R. F.; SILVA, J. F. Métodos de controle de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (*Fabaceae*) em áreas invadidas no semiárido do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 25(3), p. 645-653. 2015.

GONZAGA, T. W. C.; MATA, M. E. R. M. C.; SILVA, H.; DUARTE, M. E. M. Criopreservação de sementes de aroeira (*Astronium urundeuva* Engl.), e baraúna (*Schinopsis brasiliensis* Engl.). **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, v. 5, n. 2. 2003.

GRIMM, A. M.; TEDESCHI, R. G. 2004. **Influência de eventos El Niño e La Niña sobre a frequência de eventos extremos de precipitação no Brasil**. In: XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia, 2004, Fortaleza. Anais do XIII Congresso Brasileiro de Meteorologia. Fortaleza : Sociedade Brasileira de Meteorologia.

GRISSINO-MAYER, H. D. Evaluating crossdating accuracy: a manual and tutorial for the computer program COFECHA. **Tree-ring Research**, v. 57(2), p. 205-221. 2001.

GUTIÉRREZ, J. R.; SQUEO, F. A. Importância de los arbustos em los ecosistemas semiáridos de Chile. **Ecosistemas**. 2004. Disponível em <http://www.aeet.org/ecosistemas/041/investigacion2.htm>. Acessado em 02 de outubro de 2011.

HANAZAKI, N.; TAMASHIRO, E J. Y. Diversity of plant uses in two Caiçara communities from the Atlantic Forest coast, Brazil. **Biodiversity and Conservation**, v. 9, p. 597-615. 2000.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 103, p. 77-92. 1977.

HASTENRATH, S.; WU, M. C.; CHU, P. S. Towards the monitoring and prediction of Northeast Brazil droughts. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society**, v. 110, p. 411-425. 1984.

HASTENRATH, S.; GREISCHAR, L. Further work on the prediction of Northeast Brazil rainfall anomalies. **Journal of Climate**, v. 6, p. 743-758. 1993.

HAYLOCK, M. R.; PETERSON, T. C.; ALVES, L. M.; AMBRIZZI, T.; ANUNCIAÇÃO, Y. M. T.; BAEZ, J.; BARROS, V. R.; BERLATO, M. A.; BIDEGAIN, M.; CORONEL, G.; CORRADI, V.; GARCIA, V. J.; GRIMM, A. M.; KAROLY, D.; MARENGO, J. A.; MARINO, M. B.; MONCUNILL, D. F.; NECHET, D.; QUINTANA, J.; REBELLO, E. ; RUSTICUCCI, M.; SANTOS, J. L.; TREBEJO, I.; VINCENT, L. A. Trends in total and extreme South American rainfall in 1960-2000 and links with sea surface temperature. **Journal of Climate**, v. 19, p. 1490-1512. 2006.

HEIDEGGER, Martin. 1937: “**Die Bedrohung der Wissenschaft**”, in Papenfuss e Pöggeler (orgs.) p. 5-27. 1991.

HELLMEISTER, J. C. **Madeiras e suas características**. São Paulo. EBRAMEM. EESC, v. I. 1983.

HOLMES, R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-Ring Bull**, v. 43, p. 69-78. 1983.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Município de Paulo Afonso – BA. 2017. Disponível em: <http://www.cidades.ibge.gov.br/v3/cidades/municipio/2924009>. Acessado em 11/01/2017. 2017.

IPCC – INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE. 2013. Disponível em: https://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg1/WGIAR5_SPM_brochure_en.pdf. Acessado em 05/10/2016.

JANZEN, D. H. **Tropical dry forests, the most endangered major tropical ecosystem.** In: Wilson, E. O. (ed) Biodiversity. National Academy Press, Washington, D. C. 1988.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique.** New York: MacGraw-Hill Book. 533p. 1940.

KAYANO, M. T.; ANDREOLI, R. V. Decadal variability of northern northeast Brazil rainfall and its relation to tropical sea surface temperature and global sea level pressure anomalies. **Journal Geophysical Research**, v. 109, n. C11011, p. 8. 2004.

KATSANEVAKIS, S.; WALLENTINUS, I.; ZENETOS, A.; LEPPÄKOSKI, E.; ÇINAR, M. E.; OZTÜRK, B.; GRABOWSKI, M.; GOLANI, D.; CARDOSO, A. C. Impacts of invasive alien marine species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. **Aquatic Invasions, Helsinki**, v. 9(4), p. 391- 423. 2014.

KOLLMANN, F. F. P.; COTÊ, W. A. **Principles of wood science and technology.** Berlin: Springer-Verlag, v.1, 592p. 1968.

KOPNIN, P. V. Trad. Paulo Asevedo. **Fundamentos Lógicos da Ciência.** Civilização brasileira, Rio de Janeiro, p. 209-280. 1972.

KUCHARSKI, F.; POLZIN, D; HASTENRATH, S. Teleconnection mechanisms of Northeast Brazil droughts. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 2, p. 115-125. 2008.

LAWES, R. A.; GRICE, A. C. Controlling infestations of *Parkinsonia aculeata* in a riparian zone at the landscape scale. **Austral Ecology**, v. 32, p. 287-293. 2007.

LEAL, I. R.; SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M.; THOMAS, E. L. Mudando o curso da conservação da biodiversidade da caatinga do nordeste do Brasil. **Megadiversidade**, v. 1, n. 1, p. 139-146. 2005.

LELLES, J. G. **Utilização de madeira de eucalipto de pequenas dimensões na fabricação de uma ponte protendida com madeira laminada colada.** Dissertação de mestrado Universidade Federal de Viçosa-MG. 94p. 2007.

LIMA, R. A. **10 lições sobre Rousseau.** Petrópolis, RJ: Editora Vozes. 2012.

LIMA, P. C. F.; LIMA, J. L. S.; LIMA, A. Q. **Regeneração natural em área degradada por mineração de cobre, no semi-árido brasileiro.** In: Congresso Nacional de Botânica, 53. Recife, PE: SSB, p. 377-377. 2002.

LINS e SILVA, A. C. B. **Characteristics of *Prosopis juliflora* invasion of semi-arid habitats in Northeast Brazil.** Thesis (M.Sc.). University of Durham, Durham. 76p. 1997.

LISI C. S.; TOMAZELLO, F. M.; BOTOSSO, P. C.; ROIG, F. A.; MARIA, V. R. B.; FERREIRA-FEDELE, L.; VOIGT, A. R. A. Tree-ring formation, radial increment periodicity, and phenology of tree species from a seasonal semi-deciduous forest in Southeast Brazil. **Iawa Journal**, v. 29, p. 189-207. 2008.

LOCKWOOD, J. L.; SIMBERLOFF, D.; MCKINNEY M.; VON HOLLE, B. How many, and which, plants will invade natural areas. **Biological Invasions**, v.3, p.1-8. 2001.

LOPARIC, Z. **Heidegger e a pergunta pela técnica***. Versão modificada da palestra pronunciada no I Colóquio Heidegger da Unicamp, em 1995, e publicada em Cadernos de História e Filosofia da Ciência, série III, v. 6, n. 2, p. 107-138. 1996.

LÓPEZ, L.; VILLALBA, R. An assessment of *Schinopsis brasiliensis* Engler (Anacardiaceae) for dendroclimatological applications in the tropical Cerrado and Chaco forests, Bolivia. **Dendrochronologia**, v. 40, p. 85-92. 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. Nova Odessa: Plantarum. p. 369. 1992.

MARCATI, C. R.; ANGYALOSSY-ALFONSO, V.; BENETATI, L. Anatomia comparada do lenho de *Copaifera langsdorffii* Desf. (*Leguminosae-Caesalpinioideae*) de floresta e cerrado. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 24, p. 311-320. 2001.

MARENGO, J. A. **Água e mudanças climáticas**. Estudos Avançados, v. 22, p. 83-96. 2008.

MARENGO, J. A.; JONES, R.; ALVES, L. M.; VALVERDE, M. C. Future change of temperature and precipitation extremes in South-America from derived as PRECIS regional climate modeling system. **International Journal of Climatology**, v. 29, p. 2241–2255. 2009. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/joc.1863/epdf>. Acessado em 21/11/2016.

MARENGO, J.; AMBRIZZI, T. **Use of regional climate models in impacts assessments and adaptations studies from continental to regional and local scales: The CREAS (Regional Climate Change Scenarios for South America) initiative in South America**. Proceedings of 8 ICSHMO, (24-28), p. 291-296. 2006.

MARENGO, J. A.; AMBRIZZI, T.; ROCHA, R. P.; ALVES, L. M.; CUADRA, S. V.; VALVERDE, M. C.; TORRES, R. R.; SANTOS, D. C.; FERRAZ, S. E. T. Future change of climate in South America in the late twenty-first century: intercomparison of scenarios from three regional climate models. **Climate Dynamics**, v. 35, p. 1073-1097. 2010.

MENDES, B. V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido**. Fortaleza: SEMACE. 1997.

METCALFE, C. R.; CHALK, L. **Anatomy of the dicotyledons**. Oxford: Clarendon Press, v. 2. 1985.

MIDDLETON T. M. CANTERBURY, C. Modification of the latex paint infusion technique for the determination of vessel-length in hardwoods. **Wood Sci. Technol**, v. 23, p. 299-302. 1989.

MOBOT. **Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.** Disponível em: <http://www.tropicos.org>. Acessado em 09/07/2014. 2014.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Caatinga um bioma exclusivamente brasileiro.** Disponível em: http://www.mma.gov.br/estruturas/sbf_chm_rbbio/_arquivos/04_ap_rj.pdf. Acessado em 05/01/2017.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. **Cobertura vegetal. Paulo Afonso-BA.** Disponível em: http://mapas.mma.gov.br/geodados/brasil/vegetacao/vegetacao2002/caatinga/mapas_pdf/vegetacao/250000/sc-24-x-c.pdf. Acessado em 05/01/2017.

MOLION, L. C. B.; BERNARDO, S. O. Uma revisão das chuvas no Nordeste brasileiro. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v.17, n.1, p. 1-10. 2002.

MOONEY, H. A.; BULLOCK, S. H.; MEDINA, E. Introduction. In: Bullock, S. H.; Mooney, H. A.; Medina, E. (eds.). **Seasonally dry tropical forest.** Cambridge University Press. New York. 1995.

MONTENEGRO, S. C. S. **A conexão homem /camarão (*Macrobrachium carcinus* e *M. acanthurus*) no Rio Francisco alagoano: uma abordagem etnoecológica.** Universidade Federal de São Carlos. São Paulo. 2001.

MORI, A. S., SILVA, L. A. M.; CORADIN, L. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico.** Centro de Pesquisa do Cacau. Ilhéus. 1989.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulations model. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 38, n. 12, p. 2653-2673. 1981.

MOURA, F. B. P. (org.). **A Mata Atlântica em Alagoas (Conversando sobre ciências em Alagoas).** EDUFAL, Maceió. 88p. 2006.

MOURA, G. B. A.; ARAGÃO, J. O. R.; LACERDA, F. F.; PASSAVANTE, J. Z. O. Relação entre a precipitação no setor leste do Nordeste do Brasil e a temperatura da superfície nos oceanos Atlântico (área do Dipolo) e Pacífico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 2, p. 247-251. 2000.

MURPHY, P. G.; LUGO, A. E. Dry forest of central America and Caribbean island. In: BULLOCK, S. H.; MOONEY, H. A.; MEDIANA, E. (eds.). **Seasonally dry tropical forest.** Cambridge University Press. New York. 1995.

MYERS, N; MITTERMEIER, R. A; MITTERMEIER, C. G; FONSECA, G. A. B; KENT, J. Biodiversity hotspots for conservation priorities. **Nature**, n. 403, p. 853-859. 2000.

NAS – NATIONAL ACADEMY OF SCIENCE. **Firewood crops: shrub and tree species for energy production**. Washington, DC. 237p. 1980.

NASCIMENTO, C. E. S. **Comportamento invasor da algarobeira *Prosopis juliflora* (Sw) DC. Nas planícies aluviais da caatinga**. Tese de Doutorado do Programa de Pós-Graduação em Biologia Vegetal da Universidade Federal de Pernambuco. Recife: 115p. 2008.

NASCIMENTO, C. E. S.; M. TABARELLI; C. A. D. SILVA; I. R. LEAL; TAVARES, W. S.; SERRÃO, J. E.; ZANUNCIO, J. C. **The introduced tree *Prosopis juliflora* is a serious threat to native species of the Brazilian Caatinga vegetation**. Science of the Total Environment, v. 481, p. 108-113. 2014.

NASCIMENTO, V. T. **Estratégias rurais de uso e manejo de plantas para a construção de cercas em uma área de caatinga no município de Caruaru, Pernambuco**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife-PE. 101p. 2007.

NAVARRO, R. M. C.; BUSTAMANTE, T.; MOSCOSO, A.; MUÑOZ, F.; TORRES, A. Zonas de amortiguamiento como instrumento para el manejo de la biodiversidad en los bosques tropicales de la vertiente oriental andina. In: BLANES, J.; NAVARRO, R. M. C.; DREHWALD, U.; BUSTAMANTE, T.; MOSCOSO, A.; MUÑOZ, F.; TORRES, A. **Las zonas de amortiguamiento: un instrument para el manejo de la biodiversidad: El caso de Ecuador, Perú y Bolivia**. La paz: Cebem, 2003.

NOBLE, I. R. Attributes of invaders and the invading process: terrestrial and vascular plants. p. 301-313. In: DRAKE J. A.; MOONEY H. A.; CASTRI F.; GROVES R. H.; KRUGER F. J.; REJMANEK M.; WILLIAMSON M. H. (eds.). **Biological invasions: a global perspective**. Wiley, Chichester. 1989.

NÓBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografía Norte Grande**, n. 63, p. 9-26. 2016.

NOGUEIRA JÚNIOR, F. C. **Estrutura e composição de uma vegetação ripária, relações dendrocronológicas e climáticas na Serra dos Macacos em Tobias Barreto, Sergipe-Brasil**. Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ecologia e Conservação da Universidade Federal de Sergipe. São Cristóvão. 173p. 2011.

OBERMAIER, M.; ROSA, L. P. Mudança climática e adaptação no Brasil: uma análise crítica. **Estudos Avançados**, v. 27, n. 78, p. 155-176. 2013.

OLIVEIRA, J. M. **Anéis de Crescimento em *Araucaria angustifolia* (Bertol.) O. Kuntze.: bases de dendrocronologia em ecossistemas subtropicais montanos no sul do Brasil**. Tese de Doutorado, UFRGS, Porto Alegre. 137p. 2007.

OLIVEIRA, L. S. B.; ANDRADE, L. A.; FABRICANTEM, J. R.; GONÇALVES, G. S. Structure of a *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. population established in a temporary riverbed in the

microregion of Cariri in the state of Paraíba. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 33(5), p. 1769-1778. 2012.

OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. **Produção massal de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.) sem acúleos**. Petrolina: EMBRAPA-CPATSA. 1989.

ONUORAH, E. O. The wood preservative potentials of heartwood extracts of *Milicia excelsa* and *Erythrophloeum suaveolens*. **Bioresource Technology**, v.75, p. 171-173. 2000.

PAGOTTO, M. A. **A Vegetação lenhosa da caatinga em assentamento do estado de Sergipe: aspectos fitossociológicos, anatômicos e dendrocronológicos**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE. 185p. 2015.

PAGOTTO, M. A.; ROIG, F. A.; RIBEIRO, A. S.; LISI, C. S. Influence of regional rainfall and Atlantic sea surface temperature on tree-ring growth of *Poincianella pyramidalis*, semiarid region from Brazil. **Dendrochronologia**, v. 35, p. 14–23. 2015.

PARKER, I. M.; SIMBERLOFF, D.; LONSDALE, W. M.; GOODELL, K.; WONHAM, M.; KAREIVA, P. M.; WILLIAMSON, M. H.; VON HOLLE, B.; MOYLE, P. B.; BYERS, J. E.; GOLDWASSER, L. Impact: toward a framework for understanding the ecological effects of invaders. **Biological Invasions**, v. 1 p. 3-19. 1999.

PAREYN, F. G. C.; PEREIRA, W. E.; SALCEDO, I. H.; RIEGELHAUPT, E. M.; GOMES, E. C.; CRUZ FILHO, J. L. V. A influência da precipitação sobre o crescimento e os ciclos de corte da caatinga manejada - uma primeira aproximação. **Estatística Florestal da Caatinga**, v. 2, p. 30-39. 2015. Disponível em file:///C:/Users/Francisco/Downloads/estatistica-florestal-caatinga_volume%2002.pdf. Acessado em 05/01/2017.

PAUCHARD, A.; CAVIERES, L.; BUSTAMANTE, R.; BECERRA, P.; RAPOPORT, E. Increasing the understanding of plant invasions in Southern South America: first symposium on alien plant invasions in Chile. **Biological Invasions**, v. 6, p. 255-257. 2004.

PEGADO, C. M. A.; ANDRADE, L. A.; FELIX, L. P.; PEREIRA, I. M. Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Revista Acta Botanica Brasilica**, v. 20 (4), p. 887-898. 2006.

PENNINGTON, R. T.; LAVIN, M.; OLIVEIRA-FILHO, A. Woody Plant Diversity, Evolution, and Quaternary vegetation changes. **Journal of Biogeography**, v. 27, p. 261-273. 2009.

PEREIRA, B. L. C. **Qualidade da madeira de *eucalyptus* para a produção de carvão vegetal**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 102p. 2012.

PEREIRA, S. C.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; GAMARRA-ROJAS, G.; LIMA, M.; GALLINDO, F. A. T. **Plantas úteis do Nordeste do Brasil**. CNIP-APNE, Recife. 138p. 2003.

PERONI, N. H.; ARAUJO, F. P.; HANAZAKI, N. Métodos ecológicos na investigação etnobotânica e etnobiológica: o uso de medidas de diversidade e estimadores de riqueza. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, F. P.; CUNHA, L. V. F. C. (Coord.). **Métodos e técnicas na pesquisa etnobotânica**. NUPEEA, Recife. 2008.

PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, v. 17, p. 205-212. 2001.

PIMENTA, M. T.; SANTOS, M. J.; RODRIGUES, R. A. Susceptibilidade à desertificação. **Revista Florestal**, v.11, n.1, p. 27-33. 1998.

PIMM, S. L. Theories of predicting success and impact of introduced species. In: DRAKE, J. A.; MOOVEY, H. A. (Ed.). **Biological Invasions: a global perspective**. Chichester: John Wiley, p. 351-368. (Scope, 37). 1989.

POLZIN, D.; HASTENRATH, S. Climate of brazil's nordeste and tropical atlantic sector: preferred time scales of variability. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29, n. 2, p. 153-160. 2014.

POPPER, K. R. **Conjecturas e Refutações**. Brasília: EDUNB, 1982.

PRADO, D. E. 2008. **As Caatingas da América do Sul**. In: LEAL, R. I.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (eds.). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife. UFPE. 822p.

PYSEK, P. **On the terminology used in plant invasion studies**. In: Plant invasions: general aspects and special problems. (Pysek P.K., Prach M., Rejmanek, Wade M. – eds.). SPB, Amsterdam, p.71-81. 1995.

QUESADA, M.; SANCHEZ-AZOFEIFA, G. A.; ALVAREZ-AÑORVE, M.; STONER, K. E.; AVILA-CABADILLA, L.; CALVO-ALVARADO, J.; CASTILLO, A.; ESPÍRITO-SANTO, M. M.; FAGUNDES, M.; FERNANDES, G. W.; GAMON, J.; LOPEZARAIZA-MIKEL, M.; LAWRENCE, D.; MORELLATO, L. P. C.; POWERS, J.; NEVES, F. S.; ROSAS-GUERRERO, V.; SAYAGO, R.; SANCHEZ-MONTOYA, G. Succession and Management of Tropical Dry Forests in the Americas: Review and new perspectives. **Forest Ecology and Management**, v. 258, p. 1014-1024. 2009.

QMS. **Tree Ring Analyzer Model QTRS-01X**. Users Guide. Quintek Measurement Systems, Knoxville, TN. 1999.

REIS, M. S. A política de reflorestamento para o Nordeste Semi-Árido. In: **Seminário Sobre Potencialidade Florestal do Semi-Árido Brasileiro 1**. João Pessoa. Silvicultura v. 37, p. 33-37. 1985.

REJMANEK, M.; RICHARDSON, D. M. What attributes make some plant species more invasive? **Ecology**, v. 77(6), p. 1655-1661. 1996.

REJMÁNEK, M.; RICHARDSON, D. M.; HIGGINS, S. I. Ecology of invasive plants: state of the art. In: MOONEY, H. A.; MACK, R. N.; MCNEELY, J. A.; NEVILLE, L. E. (Ed.). **Invasive alien species: a new synthesis**. Washington, DC: Island Press. p. 104-161. 2005.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) Árvore de Múltiplo uso no Brasil**. Comunicado Técnico Embrapa. Colombo. p. 1-4. 2003.

RELATÓRIO DE IMPACTO AMBIENTAL (RIMA). **Projeto de Integração do São Francisco com bacias hidrográficas do nordeste setentrional**. Ministério da Integração nacional. 2004.

RIZZINI, C. T.; MORS, W. B. **Botânica econômica brasileira**. São Paulo, EPU, EDUSP. 235p. 1976.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade nas propriedades energéticas da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis***. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa. 69p. 2011.

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUEZ, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análises volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, n. 51, p. 15-28. 1997.

ROIG, F. A. **Informe nacional para seleccion de germoplasma en rás ies de Prosopis de r Republica Argentina**. In: **Reunion Regional para America Latina y Elcaribe de La Red de Reforestación del Ciid, Conservación y Mejoramiento de Especies del Género Prosopis**, 5. 1991. Mendoza, Argentina. Contribuciones mendoncinas... Mendoza, Argentina: IADIZA, p. 1-36. 1993.

ROUSSEAU, JEAN-JACQUES. **Do Contrato Social ou Princípios do Direito Político**. São Paulo: Editora Martin Claret. 2004.

ROY, J. In search of the characteristics of plant invaders. Pp.335-352. In: CASTRI F., HANSEN A.J., DEBUSSCHE M. (eds.). **Biological invasions in Europe and the Mediterranean Basin**. Dordrecht, Kluwer Academic Publishers. 1990.

RIZZINI, C. T.; COIMBRA-FILHO, A.F.; HOUAISS A. **Ecosistemas brasileiros/Brazilian ecosystems**. Enge-Rio Engenharia e Consultoria, S.A., Rio de Janeiro, Brasil. 1988.

SALES, D. C.; COSTA, A. A.; SILVA, M. S.; VASCONCELOS JÚNIOR, F. C.; CAVALCANTE, A. M. B.; MEDEIROS, S. S.; MARIN, A. M. P.; GUIMARÃES, S. O.; ARAÚJO JÚNIOR, L. M.; PEREIRA, J. M. R. Projeções de mudanças na precipitação e temperatura no nordeste brasileiro utilizando a técnica de downscaling dinâmico. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 30, n. 4, p. 435-456. 2015.

SANTANA, O. A.; ENCINAS, J. I. Levantamento das espécies exóticas arbóreas e seu impacto nas espécies nativas em áreas adjacentes a depósitos de resíduos domiciliares. **Biotemas**, v. 21(4), p. 29-38. 2008.

SANTOS, G. D. **O saber ambiental dos assentados do Projeto Darci Ribeiro no contributo para o desenvolvimento sustentável.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento e Meio Ambiente). Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão-SE. 109p. 2010.

SANTOS, M. F. A.; GUERRA, T. N. F.; SOTERO, M. C.; SANTOS, J. I. N. Diversidade e densidade de espécies vegetais da caatinga com diferentes graus de degradação no Município de Floresta, Pernambuco, Brasil. **Rodriguésia**, v. 60, n. 2. 2009.

SAMPAIO, Y.; MAZZA, J. E. **Diversidade sócio econômica e pressão antrópica na Caatinga nordestina.** In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. (Coord.). Workshop Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga, p. 2-8. 2000.

SARAVANAN, R.; CHANG, P. 2000. Interaction between Tropical Atlantic variability and El Niño-southern oscillation. **Journal of Climate**, v.13, n.13, p. 2177-2194.

SASS, J. E. **Botanical microtechnique.** Iowa: State College Press. 228p. 1951.

SCHULTZ, T. P.; NICHOLAS, D. D. Development of environmentally-benign wood preservatives based on the combination of organic biocides with antioxidants and metal chelators. **Phytochemistry**, v. 61, p. 555-560. 2002.

SILVA, J. M. C.; TABARELI, M.; FONSECA, M. T.; LINS, L. V. **Biodiversidade da CAATINGA: áreas e ações prioritárias para a conservação.** Ministério do Meio Ambiente. Brasília, DF: Ministério do Meio Ambiente. Universidade Federal de Pernambuco. 382p. 2003.

SILVA, R. M.; LOPES, E. S. A. **Conflitos de Terra e Reforma Agrária em Sergipe.** Sergipe: EDUFS. 176p. 1996.

SILVA, J. C.; OLIVEIRA, J. T. S.; TOMAZELLO FILHO, M.; KEINERT JR., S.; MATOS, J.L.M. Influência da idade e da posição radial na massa específica da madeira de *Eucalyptus grandis* Hill ex. Maiden. **Revista Floresta**, v. 34, n.1, p.13-22. 2004.

SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 58, n. 4, p. 575-596. 2004.

SILVA, V. P. R.; CORREIA, A. A.; COELHO, M. S. Análise de tendência das series de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.2, n.1, p. 111-114. 1998.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27, n. 2, p. 163-172. 2012.

SILVA, W. T. L. **ABC da agricultura familiar: Saneamento básico rural.** Embrapa, Brasília. 68p. 2014.

SIMÕES, A. F.; KLIGERMAN, D. C.; LA ROVERE, E. L.; MAROUN, M. R.; BARATA, M. OBERMAIER, M. Enhancing adaptive capacity to climate change: the case of smallholder farmers in the Brazilian semi-arid region. **Environmental Science & Policy**, v.13, p. 801-8. 2010.

SOARES, V. C.; BIANCHI, M. L.; TRUGILHO, P. F.; PEREIRA, A. J.; HÖFLER, J.; Correlações entre as propriedades da madeira e do carvão vegetal de híbridos de eucalipto. **Rev. Árvore**, v. 38(3), p. 543-549. 2014.

SOUSA JÚNIOR, I. F. 2006. **A influência da urbanização no clima da cidade de Campina Grande, PB**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Campina Grande. 94p. 2006.

SOUSA, R. C.; DAMASCENO, A. N.; PORRO, R. **Uso de sabiá (*mimosa caesalpiniiifolia* Benth) para valorização de sistemas agroextrativistas em babaçuais no Maranhão**. In: IX Congresso Brasileiro de Sistemas Agroflorestais. Ilhéus, BA. 2013.

SOUZA, B. I.; ARTIGAS, R. C. LIMA, E. R. V. **Caatinga e desertificação**. Mercator, Fortaleza, v. 14(1), p. 131-150. 2015.

SOUZA, B. I.; SUERTEGARAY, D. M. A.; LIMA, E. R. V. Políticas Públicas, uso do solo e desertificação nos Cariris Velhos (PB/Brasil). Barcelona (ESP.): **Scripta Nova**, v. XIV, n. 311. 2010. Disponível em: <http://www.ub.edu/geocrit/sn/sn-311.htm>. Acessado em 06/01/2016.

SOUZA, E. B.; AMBRIZZI, T.; COELHO, C. A. S. Two episodes with reversed impacts on the regional precipitation of the northeastern South America. **Meteorologica**, v. 29, n. 1-2, p. 5-16. 2004.

SOUZA, R. M; SOARES, M. J. N. **Sustentabilidade, cidadania e estratégias ambientais: a experiência sergipana**. São Cristóvão: Editora UFS. p. 41-42. 2008.

SOUZA, M. C.; KITA, K. K.; TRUITI, M. C. T.; TOMAZINI, V.; PEREIRA, G. F.; FONTANA, A. C.; PAGOTTO, M. A.; ZAMPAR, R.; COLOGNESE, A. L. **Vegetação Ripária**. In: UEM - NUPÉLIA/PELD. A planície de inundação do alto rio Paraná: site 6. Relatório Técnico. 2004.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Tree-Ring Dating**. The University of Arizona Press, Arizona. 1996.

TEXEIRA, B. M. R. **Variabilidade Radial e Longitudinal de propriedades da madeira do angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speng.)**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais da Universidade Federal de Viçosa-MG. 77p. 2008.

TOMAZELLO FILHO, M. **Práticas de anatomia e identificação de madeiras**. Piracicaba: ESALQ. 40p. 2003.

TOMAZELLO FILHO, M. **Efeito da irrigação nas propriedades do lenho de árvores de *E. grandis* x *urophylla***. 2006. Tese (Livre-Docência). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 135p. 2006.

TOMAZELLO FILHO, M.; ROIG, F. A.; POLLITO, P. A. Z. Dendrochronology and tropical dendroecology: history and successful experiences in Latin American countries. **Ecología en Bolivia**, v. 44 (2), p. 73-82. 2009.

TSUCHIYA, A. Hypertrophic growth of trees of the Caatinga plant community and water balance. **Latin American Studies**, v. 11, p. 51-70. 1990.

TSUCHIYA, A. Preliminary study on the relationship between vessel growth of thorny shrubs and water balance in the semi-arid region, northeastern Brazil. **Geographical Sciences**, v. 50, p. 123-131. 1995.

UVO, C. R. B. **A Zona de Convergência Intertropical (ZCIT) e sua relação com a precipitação da região norte do Nordeste Brasileiro**. Dissertação de Mestrado em Meteorologia, Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais, São José dos Campos, SP. 82p. 1989.

VIDAURRE, G. B. **Caracterização Anatômica, Química e Físico-Mecânica da Madeira de Paricá (*Schizolobium amazonicum*) para a produção de energia e polpa celulósica**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 89p. 2010.

VILÀ, M.; ESPINAR, J. L.; HEJDA, M.; HULME, P. E.; JAROŠÍK, V.; MARON, J. L.; PERGL, J.; SCHAFFNER, U.; SUN, Y.; PYŠEK, P. Ecological impacts of invasive alien plants: a metaanalysis of their effects on species, communities and ecosystems. **Ecology Letters**, v. 14(7), p. 702-708. 2011.

VILAR, F. C. R. **Impactos da invasão da algaroba [*Prosopis juliflora* (Sw.) DC.] sobre estrato herbáceo da caatinga: florística, fitossociologia e citogenética**. Tese de Doutorado. Universidade Federal da Paraíba, Areia-PB. 94p. 2006.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação da densidade da madeira**. Viçosa, MG: Sociedade de Investigações Florestais. Boletim técnico (1). 21p. 1984.

WEBSTER, C. R.; JENKINS, M. A.; JOSE, S. Invasion biology and control of invasive woody plants in eastern forests. **Native Plants Journal**, EUA, v. 8, n. 2, p. 97-106. 2007.

WILBY, R. **A review of climate change scenarios for Northeast Brazil. Tearfund is a Christian relief and development agency building a global network of local churches to help eradicate poverty**. Londres, 23p. 2008.

WILLIAMSON, M.; FITTER, A. The characters of successful invaders. **Biological Conservation**, v. 78, p. 163-170. 1996.

WINTER, M.; SCHWEIGER, O.; KLOTZ, S.; NENTWIG, W.; ANDRIOPOULOS, P.; ARIANOUTSOU, M.; BASNOU, C.; DELIPETROU, P.; DIDŽIULIS, V.; HEJDA, M.; HULME, P. E.; LAMBDon, P. W.; PERGL, J.; PYŠEK, P.; ROYL, D. B.; KÜHN, I. Plant extinctions and introductions lead to phylogenetic and taxonomic homogenization of the

European lora. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, v. 106(51), p. 21721-21725. 2009.

WORBES, M. Dendrochronological studies on tropical trees. **Plant Res. Develop**, v. 32, p. 86-98. 1990.

WOKLER, Robert. **Rousseau**. Porto Alegre, RS: L&PM. 192p. 2012.

ZENNI, R. D.; DECHOUM, M. S.; ZILLER, S. R. Dez anos do informe brasileiro sobre espécies exóticas invasoras: avanços, lacunas e direções futuras. **Biotemas**, 29 (1), p. 133-153. 2016.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. **Brazilian Journal of Botany**, v. 34(3), p. 431-446. 2011.

ZILLER, S.R. **A Estepe Gramíneo-Lenhosa no segundo planalto do Paraná: diagnóstico ambiental com enfoque à contaminação biológica**. Tese (Doutorado em Ciencias da Natureza) Universidade Federal do Parana, Curitiba. 268p. 2000.

CAPÍTULO 2

RESULTADOS E DISCUSSÃO

2. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em função das distintas metodologias aplicadas neste estudo interdisciplinar, e em face dos resultados obtidos apresentarem a necessidade de diferentes delineamentos experimentais para fins de entendimento e respectivas discussões, passaremos a apresentar, na forma de manuscritos (artigos), todos os conhecimentos produzidos durante a construção dessa Tese de Doutorado. Deste modo, apresentaremos quatro distintos manuscritos, onde cada um apresenta sua respectiva metodologia (dispensando sua apresentação em capítulo) e referências seguindo as regras da ABNT, sendo:

MANUSCRITO I

Avaliação quali-quantitativa das cercas de madeiras em propriedades rurais na Caatinga do Vale do São Francisco-Bahia. Uma estratégia para o manejo e conservação.

Nota: Revista Gaia Scientia (Aceito em 26/12/2016 para publicação no Volume 10, número 2 de 2016).

MANUSCRITO II

Growth patterns and sensitivity to climate predict recent tree decline in the semiarid tropics from Brazil.

Nota: Artigo em inglês e submetido à Revista Dendrochronology (formatado de acordo com as regras da revista).

MANUSCRITO III

Response of *Schinopsis brasiliensis* to climate drivers in the dry forests of northeastern Brazil.

Nota: Artigo em inglês e submetido à Revista Global Change (formatado de acordo com as regras da revista).

MANUSCRITO IV

Avaliação das propriedades físicas, químicas e anatômicas de estacas para as espécies *Prosopis juliflora* (SW) DC e *Schinopsis brasiliensis* Engl. presentes em cercas de propriedades rurais localizadas no semiárido brasileiro.

2.1 Avaliação quali-quantitativa das cercas de madeiras em propriedades rurais na Caatinga do Vale do São Francisco-Bahia. Uma estratégia para o manejo e conservação

Francisco de Carvalho Nogueira Júnior¹

Maria José Nascimento Soares²

Claudio Sergio Lisi³

Adauto Ribeiro⁴

¹Laboratório de Ecologia e Dendrologia do Instituto Federal de Sergipe, Rodovia BR-101, Km 96, povoado Quissamã, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

²Prodema, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

³Laboratório de Anatomia Vegetal e Dendrocronologia, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon s/n, Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

⁴Departamento de Ecologia, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

Autor correspondente

Name: Francisco Nogueira Júnior; Address: Rua Napoleão Teles de Oliveira, n. 35, Luzia, Aracaju, Sergipe, Brazil, 49048-309; Tel: +5579998691803; +557932170886; E-mail: fjbiologia@gmail.com

RESUMO

Para delimitar e cercar os espaços no uso da terra e domesticação de animais, desde os primórdios, o homem tem buscado os recursos da floresta como um bem comum para tal finalidade. Durante a colonização da Caatinga, a ocupação humana que, em senso comum, realiza prática de subsistência similar ao passado, como a retirada de madeira para diferentes fins, levou ao esgotamento de diversas espécies de madeira. O desenvolvimento da região semiárida do Vale São Francisco, historicamente, iniciou-se com a extração de madeira, o pastoreio e depois o cultivo agrícola. As condições climáticas tornam precárias a sobrevivência e as práticas agrícolas que geralmente estão dissociadas de alternativas de conservação, comprometendo a sustentabilidade local. Neste estudo avaliou-se quali-quantitativamente um dos indicadores que levou ao esgotamento das espécies de madeira nativas através de medições do estado de biodegradação das cercas. Inicialmente, avaliou-se a diversidade de madeiras e as práticas de seleção de árvores na construção das cercas em propriedades da região de Paulo Afonso-BA.

Foram identificadas oito espécies, sendo sete nativas e uma exótica. Observou-se que há um processo de substituição de madeira das cercas e construção pela *Prosopis juliflora*, uma espécie exótica. O estágio atual compromete a conservação das espécies nativas e funções ecossistêmicas, recomendando-se o manejo na expansão da *P. juliflora*.

Palavras chave: **Extrativismo Vegetal; Etnobiologia; Caatinga; semiárido.**

Quali-quantitative evaluation of wood fences in rural properties in the Caatinga of Valley of São Francisco - Bahia. A strategy for the management and conservation

SUMMARY

To enclose and surround the land use spaces and domestication of animals, since the beginning the man searching the forest resources as a common good for such a purpose. During the colonization of the Caatinga the human occupation, which in common sense performs similar subsistence practices to the past, such as the removal of wood for different purposes, which led to the depletion of several species of wood. The development of the semi-arid region of the Valley San Francisco, historically began with logging, grazing and then farming. The climatic conditions become precarious survival and agricultural practice are usually decoupled of conservation alternatives, compromising the local sustainability. In this study we evaluate quali-quantitative one of the indicators that led to the depletion of species of native wood through measurements of the State of biodegradation of fences. Initially the diversity of wood and trees selection practices in the construction of fences in the region properties of Paulo Afonso-BA. Identify of 8 species, send 7 native and an exotica. It was observed that there is a process of replacing the wooden fences and construction by *Prosopis juliflora*, an exotic species. The current internship commitment to conservation of native species and systemic and functions we recommend the management on expansion of *P. juliflora*.

Keywords: **Plant Extractivism; Ethnobiology; Caatinga; Semiarid.**

Evaluación cuali-cuantitativa de madera cercas en fincas rústicas em la Caatinga del Vale São Francisco - Bahia. Una estrategia para la gestión y conservación

RESUMEN

Para adjuntar y rodean el uso de la tierra espacios y domesticación de los animales, desde el principio el hombre busca los recursos forestales como un común bien de ello. Durante la colonización Caatinga ocupación humana, que en la práctica lleva a cabo el sentido común similar al pasado de mantenimiento, tales como la eliminación de la madera para diferentes propósitos, lo que conduce al agotamiento de las diferentes especies de madera. El desarrollo de la región semiárida del valle del San Francisco, comenzó históricamente con tala, pastoreo y luego agricultura. Las condiciones climáticas se convierten en supervivencia precaria y práctica agrícola generalmente se desemparejan de las alternativas de conservación, comprometer la sostenibilidad local. En este estudio se evaluó una cuali-cuantitativa de los indicadores que llevaron al agotamiento de especies de maderas nativas a través de mediciones del estado de

biodegradación de cercas. Inicialmente la diversidad de las prácticas de selección de árboles y madera en la construcción de vallas en las propiedades de la región de Paulo Afonso-BA. Fue identificado 8 especies, y 7 nativas y una exótica. Se observó que existe un proceso de sustitución de las vallas de madera y construcción por madera de *Prosopis juliflora*. El actual hay poco compromiso en las prácticas de conservación de las especies nativas y funciones ecosistémicas, se recomienda la gestión en la expansión de *P. juliflora*.

Palabras claves: **Planta de extracción; Etnobiología; Caatinga; región semiárida.**

INTRODUÇÃO

Desde os primórdios da civilização humana, as barreiras físicas naturais, como valas, rios, córregos e serras, foram respeitadas com a construção de cercas. Mas, o crescimento populacional, aumento dos rebanhos, houve a necessidade de delimitar o espaço por meio da demarcação e apropriação de terras bem como sua divisão em áreas de cultivo e pastagens (Alves, 1999). As cercas de madeira foram utilizadas no passado como instrumento de guerra ou como proteção contra as forças naturais. O povoamento do domínio das Caatingas pelos colonizadores iniciou no século XVIII, quando se deu por concessão de novas sesmarias em que a economia predominante no sertão nordestino era a criação de gado. A região do vale do rio São Francisco, no Leste da Bahia e Oeste de Sergipe, apresentava reduzida resistência indígena e abundância de água, o que não impediu a expansão da criação de gado. Estes foram fatores que determinaram a economia por trezentos anos nessa região. A diversificação da pecuária e da agricultura ocorreu mais recentemente, todavia os represamentos do rio São Francisco, meados do século XX, contribuíram para a criação de novas cidades na região, como ocorreu em Paulo Afonso, Santa Brígida, Delmiro Gouveia e Canindé do São Francisco, o que modificou a economia e o desenvolvimento local, dando origem à mesorregião econômica do Vale do São Francisco. A ocupação da foz do rio São Francisco, que se estende cerca de 300 km para o interior do nordeste teve seu início através do desenvolvimento da pecuária extensiva, o que também contribuiu para a atividade açucareira na região nordeste (Camelo Filho, 2005).

No Nordeste brasileiro, ao mesmo tempo em que houve a troca das matas do bioma Mata Atlântica pelo cultivo da cana de açúcar, ocorreram na Caatinga à substituição de suas florestas secas pela pastagem para criações, bem como o desmatamento dessas florestas para uso de suas madeiras. A utilização do solo da Caatinga para práticas agrícolas de subsistência e a retirada constante de madeira para diferentes fins, como a construção e manutenção de cercas, estão associadas à presença humana. As madeiras utilizadas como estacas em cercas são em sua

maioria oriundas do corte raso da vegetação em função da necessidade de preparação de novas áreas de plantio (Chaves et al., 2014). Estudos quanto à utilização e estratégias de uso dessas madeiras da caatinga em propriedades rurais são bastante reduzidos, além de carecerem de informações mais específicas em relação às características de cada região em função das particularidades naturais desse bioma. A construção de currais de gado e cercas para o manejo das pastagens próximas às fontes de água, muitas vezes exigem estratégias econômicas e eficazes. O uso das madeiras nativas, no entanto, vem sendo reduzido, primeiro pela escassez de madeiras adequadas, e segundo pela ação de fiscalização do IBAMA, uma vez que algumas espécies de árvores já entraram em risco de extinção (Drumond, 2000).

Tradicionalmente, a vegetação da caatinga não é manejada no sentido mais restrito da palavra como pastagem, o que ocorre é sua utilização como floresta nativa como fonte de pastoreio pelos animais, sendo que sua derrubada se dá para abrir a área para o roçado e depois à capoeira, sendo usada como forragem para os animais (Sidersky et al., 2008). Mesmo com a prática de uma agricultura rudimentar associada às condições precárias de sobrevivência humana, condição bem frequente nas comunidades rurais da região do Vale São Francisco, tem provocado nesses ambientes, por meio das ações realizadas pelas populações locais, o uso inadequado dos recursos vegetais (Sampaio e Mazza, 2000). Portanto, o corte e a extração seletiva de espécies de maior interesse nos cercamentos e delimitação das pastagens tornam-se o problema em questão (Ferraz et al., 2005).

O dimensionamento do problema esta na forma de uso e seleção da madeira. A madeira é necessária na construção de passagem e acesso às propriedades que receberam diferentes denominações, tais como: passadores, passadiços e saltadores (Barros, 1959), enquanto que as formas de utilização e delimitação das propriedades rurais são comumente denominadas de cercas, cercados, cancelas, porteiras, portões e as fachinas e currais, em todas elas exigem que a madeira seja de árvores maduras ou de secundárias tardias. É discutido se há disponibilidade e se há seleção de madeira de boa qualidade, ou, de preferência, se esta madeira é a causa da escassez de certas espécies das florestas de Caatinga. Esse fato tem gerado muita especulação e contribuído para a elevação dos preços por estaca, o que, naturalmente, aumenta a pressão na obtenção por novas espécies de madeiras que precisam ser substitutas. O resultado do esgotamento das espécies madeireiras aumenta seu efeito na desestruturação da comunidade

vegetal. Racionalizar o uso da madeira, mesmo que este recurso seja renovável, pode ter posto em risco a extinção das espécies locais (Gliessman, 2001; Altieri, 2002).

O fator substituição da madeira pode ser acelerado pelos processos de biodegradação natural da madeira, provocado principalmente por brocas, fungos e cupins em função do tempo e meia vida da estaca. O fator sinérgico da biodegradação é afetado pelo clima da região, o que favorece algumas espécies quanto ao seu desenvolvimento, no entanto aceleram o desgaste da madeira exposta ao tempo. Este fato provoca a necessidade contínua de substituição de estacas velhas e deterioradas por novos indivíduos. Estes processos de biodegradação e as condições de clima contribuem de forma cíclica e contínua provocando a necessidade de substituição por novas estacas. O fator econômico de compra e venda da madeira para estacas também está associado à disponibilidade da madeira, à facilidade de encontro desse recurso no meio, bem como o custo de obtenção dessa madeira na região.

Essa degradação pode não ocorrer se a retirada de madeira for inferior à taxa de produção de lenha, em que sua sustentabilidade depende do conhecimento da disponibilidade de madeira (Alvarez et al., 2011a). Por outro lado, se não houver nenhum tipo de intervenção por parte dos gestores ou órgãos ambientais de controle, a retirada de novos recursos florestais (a exemplo da madeira) pode aperfeiçoar e potencializar danos aos ecossistemas naturais de cada região. A maioria das comunidades que utilizam os recursos florestais não tem acesso a protocolos que reduzam a degradação desses ambientes, diante da forma mais drástica em que esses trabalhos acabam não considerando as próprias características locais, que são específicas para cada região (Mattos et al., 2015).

Nesta perspectiva, o sertanejo tem explorado a vegetação da Caatinga, tendo como base a atividade meramente extrativista para obtenção de produtos como a madeira (Drumond, 2000), em que a retirada contínua desses recursos das matas para uso em "cercas não vivas" (estacas mortas) no Brasil acaba representando uma ameaça à cobertura florestal (Nascimento, 2007). A devastação da cobertura vegetal do semiárido é uma realidade preocupante, sendo reduzidos e pouco atualizados os dados a este respeito, além do fato de extensas áreas do semiárido sofrerem desmatamento, já sendo raros os remanescentes de Caatinga que apresentam um bom estado de conservação (Andrade et al., 2009). Esse mesmo sertanejo (mantenedor de cercas) tem convivido e desenvolvido ações com o propósito de, ao mesmo tempo, sobreviver a quatro grandes desafios presentes na Caatinga e que estão relacionados ao recurso madeireiro utilizado, a saber:

necessidade de retirada de madeira dos remanescentes vegetais para fins de subsistência associado a práticas inadequadas quanto à conservação desse recurso; mudanças na vegetação natural desse bioma em função da entrada de espécies invasoras; uso e facilitação (poda), em grande parte potencializada pela própria escassez das espécies nativas e necessidades de suprimento diário frente à realidade das comunidades rurais impactadas por décadas/séculos de exploração.

Para Chaves et al., (2014) a cultura do uso de cercas e passagens das cercas no nordeste do Brasil é indispensável para a permanência no campo. Os primeiros passos para a ocupação do semiárido datam o século XVII, em função das intempéries locais e das condições edafoclimáticas (Araújo-Filho e Crispim, 2002), em que a necessidade de abrigar os animais e proteger suas plantações fez com que as cercas fossem incorporadas à cultura local (Chaves et al., 2014). No Brasil, os poucos estudos que tratam sobre a construção de cercas (Barros, 1985; Gabriel, 2005; Nascimento, 2007; Chaves et al., 2014) avaliam as práticas de suas construções, a arquitetura e os impactos socioambientais decorrentes desses procedimentos. Em outros países, principalmente em regiões temperadas, existem leis de proteção para cercas, mas para espécies vivas. No entanto, em países tropicais, principalmente nas Américas, ainda são poucos os trabalhos que tratam da construção de cercas, destacando-se o uso de espécies vivas em Crane (1945), Mintz (1962), Sauer (1979), Budowski (1987;1998) e Harvey et al., (2003;2005) entre outros. Em áreas em que há tradição quanto ao uso de cercas mortas deve-se favorecer o uso de estacas vivas em substituição às mortas, de modo a demonstrar a viabilidade econômica e os benefícios à conservação do meio ambiente (Nascimento, 2007).

Em associação a esses problemas está a degradação da vegetação nativa, escassez de espécies arbóreas por super-exploração, onde se verifica o avanço e o surgimento de densos povoamentos de *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. (Algaroba), uma espécie arbórea introduzida no Brasil em 1942, em Serra Talhada, Pernambuco, a partir de sementes procedentes de Piura, Peru (Gomes, 1961), para fins de suplementação alimentar do gado (Nobre, 1982). O avanço dessa espécie invasora em áreas degradadas fez com que suas populações obtivessem sucesso quanto à ocupação da Caatinga, o que é evidenciado pelo processo de facilitação pelo qual *P. juliflora* vem recebendo, o que pode ser observado especialmente através das perturbações que vem sofrendo (manejo) e a proximidade com fontes de água, sendo esses os principais fatores responsáveis por seu sucesso invasivo (Lins e Silva, 1997).

Teoricamente, a Algaroba, como é conhecida localmente a espécie *P. juliflora*, não invade matas nativas, contudo, esta espécie tem chamado atenção dos conservacionistas quanto ao controle do seu potencial invasor, principalmente, por ser uma espécie que se destaca pela reconhecida capacidade de regeneração. A qualidade da madeira para uso em propriedades rurais tem sido um dilema de gestão, visto que há benefícios econômicos em sua exploração. Portanto, devem ser pesados os custos, os benefícios econômicos e ecológicos (Vázquez et al., 2011). Neste contexto, desde a sua introdução e em função de sua acelerada expansão, faz-se necessário o desenvolvimento de estratégias imediatas de controle físico para essa espécie, assim como a promoção de mudanças nos costumes das populações locais enquanto manejo de suas criações (Pegado et al., 2006; Andrade et al., 2009).

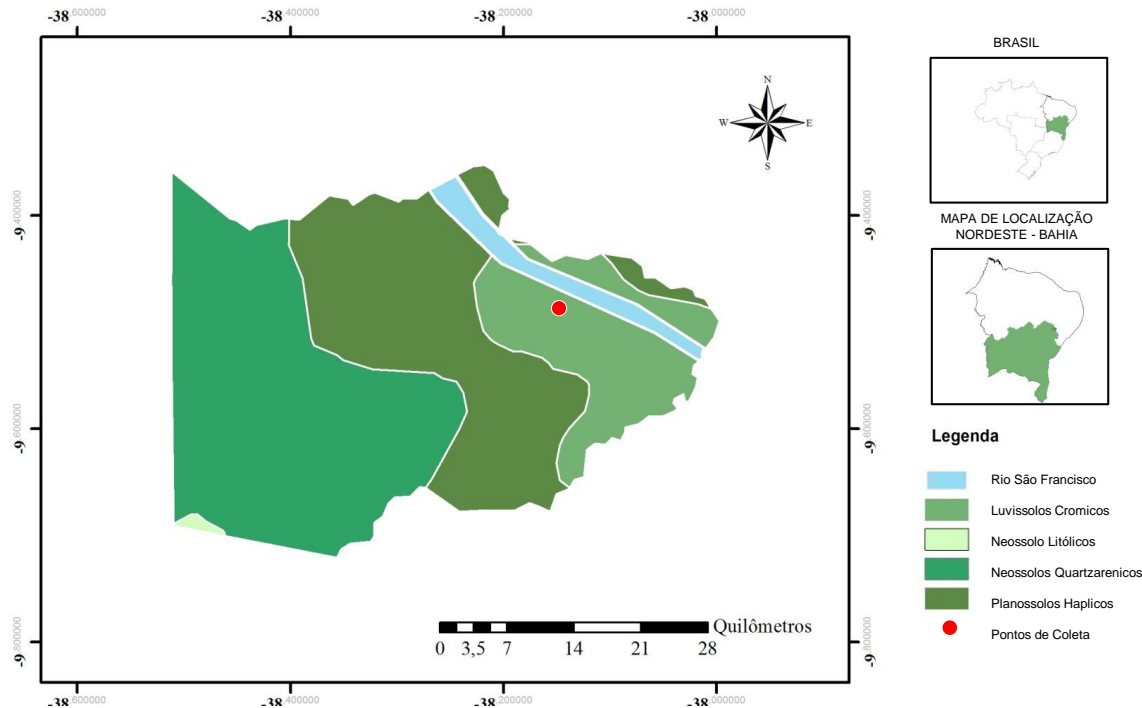
Este estudo avalia a diversidade das madeiras, as práticas de seleção de árvores e o uso desses recursos na construção de cercas em propriedades com diferentes usos da terra no semiárido do Vale São Francisco, região de Paulo Afonso - Bahia. O estudo realiza um diagnóstico quali-quantitativo do estado de conservação das estacas utilizadas em "cercas mortas" em diferentes estágios de biodegradação da madeira para fins de valoração.

MATÉRIA E MÉTODOS

Área de estudo

Esse estudo foi realizado em 20 propriedades rurais do município de Paulo Afonso (Fig. 2.1.1), Bahia, Brasil (09°30'50.37"S, 38°09'22.15"O) em bioma da Caatinga com presença de remanescentes de árvores nativas e utilizadas em suas cercas. O clima da região é semiárido seco e quente, Bsh (Köppen, 1948) com precipitação média anual variando entre 300-1000 mm (Sampaio, 2010) e temperatura média do ar entre 17-33°C. Os solos da Caatinga que predominam na região de estudo são luvissolos crômicos, neossolos quartizarênicos e planossolos háplicos obtidos através do site da EMBRAPA solos (<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ba>).

Figura 2.1.1: Mapa de Solos do município de Paulo Afonso-BA (Bacia hidrográfica do baixo São Francisco). Em vermelho a localização aproximada das áreas de estudo das propriedades rurais que foram visitadas no município de P. Afonso-BA.



Fonte: Adaptação (autor) a partir de informações obtidas através da EMBRAPA Solos (<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ba>).

Coleta de Dados

Inventário das cercas

Para a obtenção dos dados vegetais correspondentes às madeiras utilizadas nas cercas foram selecionadas 20 propriedades rurais (com mínimo de 50 m de cercas) sendo amostrados aproximadamente 10% do total linear em metros correspondentes ao tamanho da propriedade rural (amostragem não-probabilística e não-intencional). Desse modo, nenhuma propriedade rural visitada teve menos de 50 m amostrados, possibilitando a inclusão de um maior número de diferentes tipos (espécies) de estacas por propriedade visitada. Esse critério foi adotado com objetivo de obter maior precisão quanto à frequência de ocorrência das estacas em função do tamanho da propriedade e diversidade de tipos de estacas presentes por cerca. O critério de amostragem foi adaptado a partir das metodologias utilizadas por Nascimento (2007) e Chaves et al., (2014), dadas as particularidades observadas nas propriedades rurais da região de estudo, para fins de comparação com os resultados obtidos por esses autores. Para obtenção do volume de madeira utilizada foram tomadas as medidas de altura e circunferência de todos os indivíduos

presentes nas cercas com circunferência ao nível do solo ≥ 3 cm a altura média por estaca de 1,30 m. Essa medida foi adotada em função do uso comum em estudos para a Caatinga (Rodal, 1992; Sampaio, 1996; Araújo e Ferraz, 2004; Nascimento, 2007; Chaves, 2014). Utilizou-se um único critério de análise em relação à coleta de dados, coletando informações de estacas mortas originadas de plantas nativas e exóticas da vegetação da Caatinga local, visto que o número de estacas de material não-proveniente da vegetação nativa da Caatinga (incluindo materiais de construção de casas) não foi representativo e/ou não foi possível precisar sua origem para a região avaliada. A adoção desse critério se deu também porque na área de estudo não há a prática de utilização de plantas vivas (cerca viva) como parte integrante dos limites das propriedades rurais avaliadas, diferentemente do observado por Nascimento (2007) que avaliou tanto estacas vivas quanto mortas.

A identificação das madeiras (espécie) presentes nas cercas utilizadas ocorreu através de incursões, utilizando a técnica da turnê-guiada (Montenegro, 2001), pela Caatinga, com o auxílio dos informantes, que identificaram, em campo, os nomes vernaculares das madeiras utilizadas (Nascimento, 2007; Chaves et al., 2014), assim como as respectivas árvores correspondentes à espécie indicada, para fins de comparação e identificação (Mori et al., 1989). A confirmação da identificação botânica por espécie se deu a partir da coleta de discos de madeira (2 cm de espessura) de um ou dois indivíduos de cada estaca presente por etnoespécie que formava a cerca naquele momento, onde foram realizadas análises macroscópicas da estrutura anatômica do lenho dessas madeiras utilizadas na sua identificação. O material testemunho encontra-se no Laboratório de Anatomia Vegetal e Dendrocronologia (LAVD) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). A determinação do nome das espécies e dos autores seguiu as regras do International Plants Names Index - IPNI (2013) e do Missouri Botanical Garden – MOBOT (2014). A listagem florística foi montada de acordo com o sistema Angiosperm Phylogeny Group - APG III (2009).

Conhecimento e uso das cercas

As entrevistas semi-estruturadas foram aplicadas de acordo com base em formulários (Albuquerque et al., 2010) para 20 pessoas, maiores de 18 anos, proprietários e/ou responsável pela manutenção das cercas em 20 propriedades rurais avaliadas. A entrevista foi realizada mediante autorização prévia do proprietário e/ou residente que foi informado sobre os objetivos

do trabalho assinando o Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE). Todo o procedimento de entrevista foi devidamente registrado e autorizado através da Plataforma Brasil via certificado de apresentação para apreciação ética (CAAE) consubstanciado do CEP, sob o número 1.516.357. A escolha da primeira propriedade rural amostrada se deu ao acaso. Todas as demais propriedades avaliadas foram escolhidas a partir da indicação dada pelo seu antecessor, conforme a técnica “*snow ball*” (Bailey, 1994).

Os formulários utilizados na pesquisa obtiveram informações sobre os aspectos socioeconômicos e conhecimentos necessários para montagem das cercas. As questões básicas e principais formuladas aos entrevistados foram: Você utiliza madeiras da Caatinga de sua propriedade e/ou retira de áreas próximas? Não retirando madeira da Caatinga, o que você faz para obter esse recurso? As madeiras utilizadas aqui na propriedade são para que tipo de uso? Você acredita que a retirada de madeira da Caatinga prejudica o meio ambiente? De que forma? Em relação à Caatinga, existe algum tipo de ação realizada pela comunidade para a sua manutenção? Quais os principais tipos de madeira que são utilizados por você para a construção/manutenção das cercas, cercados e currais? Que ferramenta(s) é(são) utilizada(s) para retirar madeira da Caatinga? Quanto você gasta para repor cada tronco das cercas, cercados e/ou currais? Em relação ao uso das madeiras é feito algum tipo de manejo (ou cuidado) para evitar que essa madeira (recurso) não desapareça? Quando da utilização da madeira nas cercas, cercados e currais, você realiza algum tipo de tratamento na madeira para que ela dure mais? Atualmente, existem as mesmas madeiras que existiam há 20-30 anos (ou mais)? Qual a importância da Algaroba? A Algaroba tem prejudicado a Caatinga de alguma forma? Quais as madeiras que você não encontra mais ou são muito difíceis de encontrar hoje na Caatinga?

Foram avaliadas as estacas presentes nas cercas mediante a coleta de informações sobre os tipos de madeiras utilizadas, seu comprimento em relação ao solo, circunferência (CAP), distância entre estacas, tipo e função da cerca, quantidade de fios (arame), identificação da presença/ausência de agentes de biodegradação por estaca e estado geral de conservação da madeira (qualitativamente), a partir da análise do mantenedor de cerca. Foram feitas observações diretas (Albuquerque et al., 2010) do cotidiano da propriedade, com a finalidade de analisar seus hábitos e costumes, principalmente no que se refere às tarefas que estejam relacionadas ao manuseio das cercas.

Volume de madeira utilizado nas cercas

Com o objetivo de determinar a quantidade de madeira utilizada na construção das cercas, realizou-se o cálculo de volume das espécies presentes nas cercas por meio das fórmulas e metodologia adaptada e adotada por Sternadt (2001), Araújo e Ferraz (2004) e Nascimento (2007), para fins de comparação: $D = c/\pi$; $A = (\pi /4) \times D^2$; $V = A \times L$. Sendo: D = Diâmetro da estaca; c = circunferência da estaca; A = área basal; V = volume total da madeira extraída; L = comprimento da estaca e $\pi = 3,14$.

Análise estatística dos dados

Baseados nas informações obtidas por meio dos questionários, os dados foram processados e analisados quantitativamente de acordo com Friedman et al., (1986) e adaptações da metodologia utilizada por Nascimento (2007). Os dados foram analisados mediante cinco técnicas quantitativas: Frequência (Fsp) – mede a frequência de cada uma das espécies quanto à ocorrência nas cercas em relação à confirmação de uso pelos mantenedores; Índice de diversidade total das cercas (SD_{tot}) – avalia a contribuição de cada espécie para a diversidade total das cercas; Índice de equitabilidade (SE_{tot}) – mede como diferentes espécies contribuem para o uso total, independente do número de espécies usadas; Valor de consenso de uso (UC_s) – mede o grau de concordância entre os informantes; Índice de valor de importância (IV_s) – mede a proporção de informantes que citaram a espécie como mais importante (Byg e Balslev, 2001; Silva e Albuquerque, 2004; Nascimento, 2007; Chaves et al., 2014). Diferenças entre o volume de espécies nativas e o volume de espécie exótica nas cercas foram avaliados através do teste Kruskal-Wallis (Zar, 1996; Nascimento, 2007). Os testes estatísticos se deram com base em coeficiente de correlação de Pearson (r) com 99% de significância através do software STATISTICA[®] 7 e PAST (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Aspectos socioeconômicos

Os 20 (vinte) entrevistados foram predominantemente do gênero masculino (90% homens e 10% mulheres), com idades entre 19 e 70 anos, sendo entre 18 e 30 anos (10%), 31 e 40 (5%), 41 e 50 (25%), 51 e 60 (35%) e maior que 60 (25%), indicando um decréscimo em relação à permanência de jovens em meio rural, resultados semelhantes aos observados por Chaves et al.

(2014). Quanto à escolaridade 85% afirmaram já ter frequentado escola, contudo 65% abandonaram os estudos em média até o segundo ano do ensino fundamental. Há muito tempo a educação básica é inadequada no semiárido brasileiro (Lima e Oliveira 2010) por falta de uma política pública de investimentos nos níveis de escolaridade da população. Em relação ao tempo de residência nas propriedades a média foi de 16,25 anos (mínimo de 2 e máximo de 30 anos), sendo que 100% dos respondentes ao questionário se declararam agricultores e que aprenderam o ofício com os seus pais. Esses agricultores apresentaram experiência média de 24,4 anos, sugerindo que muitos deles vieram de outras localidades, onde já praticavam atividades relacionadas à agricultura de subsistência.

Riqueza, diversidade e tipologia das (madeiras) cercas

Foram mensuradas 2018 estacas mortas (3,5 km de cerca) distribuídas nas propriedades rurais visitadas, onde a média de estacas por propriedade foi de 101 e o comprimento médio de 171 m (Gráfico. 2.1.1), sendo identificadas 8 espécies, 8 gêneros e 4 famílias (Tab. 2.1.1).

Gráfico 2.1.1: Representação da distribuição do número de estacas (unidade) em relação ao comprimento das cercas (distância linear mensuradas em metros) avaliadas por propriedade rural visitada no município de P. Afonso, Bahia.

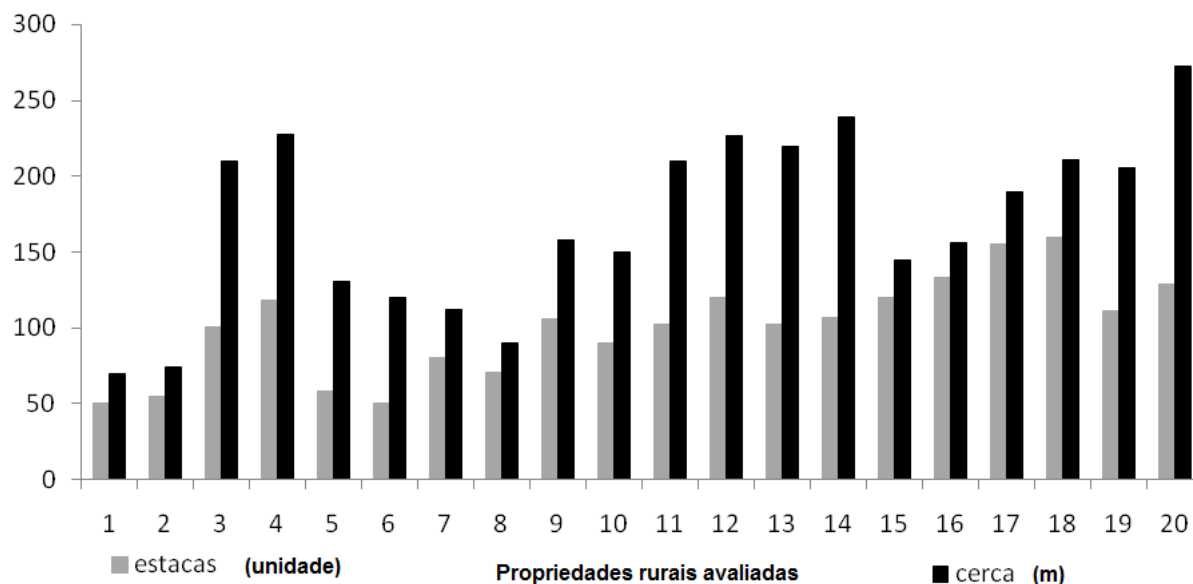


Tabela 2.1.1: Ocorrência das espécies de madeiras utilizadas nas cercas das propriedades rurais do município de P. Afonso, Bahia. Nota: N = número de indivíduos por cerca; FR (%) = Frequência de ocorrência nas cercas.

Ocorrência por espécies madeiras	nome vulgar	Hábito	N	FR (%)
Anacardiaceae				
<i>Myracrodruon urundeuva</i> Allemão	aroeira	Árvore	27	1,4
<i>Schinopsis brasiliensis</i> Engl.	braúna	Árvore	139	6,9
Apocynaceae				
<i>Aspidosperma pyrifolium</i> Mart.	pereiro	Árvore	451	22,4
Bignoniaceae				
<i>Handroanthus impetiginosus</i> (Mart. ex DC.) Mattos	pau-d'arco	Árvore	49	2,4
Fabaceae /Caesalpinioideae				
<i>Poincianella pyramidalis</i> (Tul.) L. P. Queiroz	catingueira	Árvore	47	2,3
Fabaceae/Mimosoideae				
<i>Anadenanthera colubrina</i> (Vell.) Brenan	angico	Árvore	182	9,0
<i>Mimosa tenuiflora</i> (Willd.) Poir.	jurema	Árvore	826	40,9
<i>Prosopis juliflora</i> (Sw.)	algaroba	Árvore	297	14,7

As famílias de maior riqueza indicadas pelos entrevistados foram Anacardiaceae e Fabaceae (Mimosoideae). Verificou-se que 85,3% das espécies encontradas nas cercas foram nativas e 14,7% exóticas. As maiores frequências observadas foram: *Mimosa tenuiflora* (40,9%) e *Aspidosperma pyrifolium* (22,4%), estacas oriundas de árvores nativas; *Prosopis juliflora* (14,7%), exótica. As demais espécies nativas apresentaram frequências inferiores a *P. juliflora*, sendo: *Anadenanthera colubrina* (9,0%), *Schinopsis brasiliensis* (6,9%), *Handroanthus impetiginosus* (2,4), *Myracrodruon urundeuva* (1,4%) e *Poincianella pyramidalis* (2,3%). O valor de diversidade total das espécies foi 3,947 e o de equitabilidade total das espécies 0,494.

A reduzida diversidade de espécies presentes nas cercas localizadas nas propriedades rurais demonstra a seletividade por duas espécies, a Jurema 40,9% e o Pereiro (22,4%). Comparando com outro trabalho de mesma natureza realizado no bioma Caatinga, em Caruaru, Pernambuco, Nascimento (2007) avaliou 2877 (58%) estacas mortas e 2077 estacas vivas distribuídas em 50 propriedades rurais, o que correspondeu aproximadamente a 2,5 km de cerca, sendo 51 espécies, 46 gêneros e 26 famílias. Os valores de diversidade total (1,002) e de equitabilidade total (0,013) gerados para Caruaru, Pernambuco, foram bem diferentes dos obtidos para P. Afonso, Bahia, na qual a diversidade total foi de 3,947 e equitabilidade total 0,494. Isso

ocorreu em função do número de espécies nativas e exóticas ter sido bem inferior no município de P. Afonso, Bahia em relação ao observado nas cercas em Caruaru, Pernambuco.

As famílias/subfamílias mais representativas foram Fabaceae (Mimosoideae; Caesalpinioideae) e Apocynaceae, apresentando, respectivamente, 1352 (66,9%) e 451 (22,4%) estacas mortas. Em Caruaru, Pernambuco, Nascimento (2007) verificou que as famílias de maior riqueza encontradas nas cercas foram Euphorbiaceae, Mimosaceae e Anacardiaceae. Em Paulo Afonso, Bahia, constata-se a presença da família Anacardiaceae (8,3%), no entanto com uma frequência de ocorrência inferior a registrada em Caruaru, Pernambuco, para estacas mortas, que foi de 9,03%. As espécies *P. juliflora* (14,7%) e *A. colubrina* (9,0%), da família Fabaceae/Mimosoideae, apresentaram frequência superior à da própria família Anacardiaceae, a que mais se destacou em Caruaru, Pernambuco.

A substituição de estacas nativas nas cercas por uma espécie exótica *P. juliflora* é um fator de grande importância a ser avaliado. Nos resultados do levantamento realizado por Nascimento (2007) em Caruaru, Pernambuco, considerando a ocorrência de estacas mortas (2877 indivíduos), a ocorrência de *P. juliflora* nas cercas mortas foi de 4,3%, (124 indivíduos), enquanto em Paulo Afonso, Bahia a frequência foi de 14,7%, ou seja, 297 indivíduos. A razão entre o número de estacas de *P. juliflora* entre P. Afonso e Caruaru apresenta índice de 3,42 vezes maior, o que indica seu maior uso e potencialidades na Caatinga avaliada. Na área de estudo, o número de espécies nativas presentes nas cercas variou entre 4 a 7, enquanto a participação de espécie exótica foi de 0 a 1, onde em todas as cercas o número de espécies nativas sempre foi maior que o de exóticas.

Em estudo recente Chaves et al., (2014) avaliou o conhecimento tradicional da cultura das cercas de madeira em propriedades rurais, também localizadas no bioma Caatinga, no município de Cocal, no Estado do Piauí, pois foram encontrados 28 spp compondo a estrutura das cercas. Contudo, os resultados obtidos por Chaves et al., (2014) são bem diferentes, apesar de ambos os trabalhos estarem relacionados a cercas, comparando-se com aos dados de Nascimento (2007) e resultados obtidos para Paulo Afonso, Bahia. As diferenças entre esses trabalhos se deram em função dos interesses científicos avaliados por cada autor e suas propostas metodologias aplicadas, apesar de possuírem o mesmo objeto de estudo (cercas). Chaves et al., (2014) não registrou a presença de nenhum indivíduo para as espécies *A. colubrina*, *S. brasiliensis*, *P. pyramidalis* ou de *P. juliflora*, espécies presentes tanto nas cercas de Paulo Afonso, Bahia quanto

em Caruaru, Pernambuco. Em comparação com Chaves et al. (2014), as únicas espécies comuns entre Paulo Afonso, Bahia e Cocal, Piauí foram *H. impetiginosus*, *M. urundeuva*, *A. pyriforme* e *Mimosa hostilis* (Mart.) Benth (considerando que *M. hostilis* e *M. tenuiflora* representem o mesmo tipo de cerca, formada por estacas de “Jurema-preta”). Verificando outros trabalhos realizados em florestas tropicais relacionadas ao uso de madeiras em cercas (Crane, 1945; Budowsky e Russo, 1993; Reyes e Rosado, 1999; Laverseur et al., 2004; Harvey et al., 2003; 2005), associados ao uso de estacas vivas, não foram encontradas semelhanças representativas que justificassem qualquer tipo de comparação entre esses resultados e os apresentados para as espécies observadas nas cercas em Paulo Afonso, Bahia.

A riqueza de espécie nas cercas teve em média 4,82 espécies nativas neste estudo, valores bem inferiores aos observados em Caruaru, Pernambuco, por Nascimento (2007), que foram de 8,2 espécies nativas por cerca para 1,4 espécies exóticas. Esses resultados estão associados à reduzida variabilidade de espécies disponíveis para uso dos mantenedores de cercas na região de Paulo Afonso, Bahia, o que foi confirmado por 90% dos 20 (vinte) respondentes/entrevistados que afirmaram já não encontrar mais as mesmas madeiras que retiravam 20-30 anos atrás. Outro dado importante observado mediante as entrevistas foi que 70% creem que a retirada de madeira não prejudica o meio ambiente. Isso pode estar associado à reduzida diversidade vegetal da Caatinga local que vem sofrendo anos de exploração sem qualquer tipo de controle silvicultural. As ações realizadas pelos próprios moradores da região, que, em sua maioria, não “enxergam” maiores problemas em relação à retirada de madeira de suas matas, seja pela intervenção dos órgãos de controle, ou pela sua própria vontade de preservar o meio em que vive, traz como consequência direta, e em reduzido espaço de tempo, o esgotamento do recurso florestal local. Chaves et al., (2014) constatou que a maioria das madeiras utilizadas nas cercas eram oriundas do corte raso da mata (local) por ocasião do preparo de novas áreas utilizadas para plantio, o que nos permite afirmar que essa prática é frequente na Caatinga, e está presente nesse bioma face à necessidade de sobrevivência desse povo que habita o semiárido nordestino.

Os resultados apresentados por Chaves et al. (2014) mostraram-se mais próximos dos obtidos para as cercas em Paulo Afonso, Bahia, quando se compara a composição florística encontrada para Cocal, Piauí. Neste município, foram observadas 28 (vinte e oito) espécies, 10 (dez) famílias e 21 (vinte e um) gêneros compondo as diferentes madeiras utilizadas em cercas, cancelas, porteiras e portões das propriedades rurais avaliadas. Contudo, Chaves et al., (2014)

não informa a quantidade de estacas avaliadas ou mesmo a frequência relativa de cada espécie por cerca, em função do seu objeto de estudo ter se limitado a analisar o conhecimento tradicional empregado na construção, a arquitetura das cercas de madeira e das vias de passagens através de cancelas, portões e porteiras. Nesse trabalho, é possível observar o nível de fidelidade quanto à informação obtida através dos entrevistados, onde se destacam as espécies *A. pyrifolium* (100%), *Cedrela odorata* (100%) e *Mimosa caesalpiniiifolia* (95,83%). Esta última (*M. caesalpiniiifolia*) também conhecida como Sabiá (espécie exótica) que é tida pelos informantes em Cocal, Piauí como sendo a estaca mais comum entre as outras espécies utilizadas nas cercas da região.

Medidas de conhecimento dos mantenedores e práticas de uso de cercas

Considerando os resultados obtidos para o índice de valor de importância (IVs) e valor de consenso de uso (UCs) (Tab. 2.1.2), a espécie nativa mais importante foi *Myracrodruon urundeuva*, apresentando o maior valor de consenso de uso (UCs2), 1,89 em relação à ausência dessa espécie nas matas da região quanto a sua participação nas cercas em Paulo Afonso, Bahia. A espécie *Schinopsis brasiliensis* também apresentou elevado UCs2, 1,79 com frequência superior (0,07) à *M. urundeuva* (0,01), associado aos maiores índices por espécies que já não são mais encontradas na região (IVs2), sendo respectivamente, 0,85 e 0,90. Porém, *M. urundeuva* não apresentou índices de valor de importância (IVs1) tão elevado (0,30) quando comparada a *P. juliflora* (0,85), espécie que se destacou quanto a sua participação na composição das cercas na região de Paulo Afonso, Bahia, ocorreu uma frequência de 0,15. Já a espécie nativa *S. brasiliensis* apresentou IVs1 (0,80) bem próximo ao observado para a espécie exótica *P. juliflora* (0,85). Quando se compara os resultados para as espécies nativas e confronta-se com os valores de IVs1 e IVs2 de *P. juliflora*, é possível identificar que, para o primeiro índice, todas as espécies nativas possuem valores médios bem inferiores (144% menor), já para o segundo índice, as nativas apresentam valores médios bem superiores (730% maior). Esse fato demonstra de forma substancial sua importância enquanto recurso florestal utilizável pelo sertanejo na região do vale do São Francisco, dada sua disponibilidade e facilidade de obtenção nos remanescentes florestais locais ainda existentes.

Tabela 2.1.2: Relação das espécies presentes nas cercas na Caatinga no município de P. Afonso, Bahia, observadas a partir da avaliação das cercas e informações coletadas através de entrevistas guiadas com os mantenedores de cerca. Nota: FR = frequência relativa por espécie encontrada nas cercas; IVs = Índice de valor de importância (IVs1 = espécies presentes e utilizadas nas cercas; IVs2 = espécies que já não são mais encontradas nas matas da região); UCs = Valor de consenso de uso (UCs1 = espécies presentes e utilizadas nas cercas; UCs2 = espécies que já não são mais encontradas nas matas da região).

Espécie	FR	IVs1	UCs1	IVs2	Ucs2
<i>Anadenanthera colubrina</i>	0,09	0,70	1,47	0,65	1,37
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	0,22	0,75	1,58	0,75	1,58
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	0,02	0,40	0,84	0,90	1,26
<i>Mimosa tenuiflora</i>	0,41	0,75	1,58	0,25	0,53
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	0,01	0,30*	0,63	0,90*	1,89*
<i>Poincianella pyramidalis</i>	0,02	0,45	0,95	0,80	1,68
<i>Prosopis juliflora</i>	0,15*	0,85*	1,79	0,10	0,21
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	0,07	0,80*	1,68	0,85*	1,79*
Valores Médios	0,12	0,63	1,32	0,65	1,29

Pode-se verificar que a utilização de *P. juliflora* se destaca por apresentar os maiores índices IVs1 (0,85) e UCs1 (1,79) confirmado pelos mantenedores de cerca, como sendo a mais importante espécie utilizada nas cercas, assim como a que apresentou o menor valor de IVs2 (0,10), que corresponde ao valor de consenso quanto à ausência dessa espécie nas matas remanescentes da região, como também o menor valor de UCs2 (0,21), sendo possível então afirmar que essa espécie se encontra presente e disponível enquanto recurso madeireiro, o que foi confirmado por 90% dos entrevistados. Apesar de *S. brasiliensis* (0,07) não apresentar FR tão representativa quanto *M. tenuiflora* (0,41) ou mesmo *P. juliflora* (0,15) seus respectivos valores de IVs1 e UCs1, 0,80 e 1,68, representam o segundo maior valor de importância e consenso, enquanto utilização de estacas nas cercas. Contudo, *S. brasiliensis* apresenta IVs2 (0,85), diferentemente de *M. tenuiflora* (0,25) e *P. juliflora* (0,10), seguindo tendência das demais espécies nativas (média nativas: 0,81; média geral: 0,65), o que significa que, para os mantenedores de cerca *S. brasiliensis*, é a espécie nativa mais importante para utilização em cercas, porém sua disponibilidade no ambiente está comprometida em função da redução/ausência nos remanescentes florestais da região, fato confirmado por 85% dos entrevistados. Os valores de IVs1 para as espécies *M. urundeuva* (0,30), *H. impetiginosus* (0,40) e *P. pyramidalis* (0,45) demonstram sua menor importância enquanto utilização nas cercas, assim como seus valores de IVs2, os maiores valores observados, sendo 0,90, 0,90 e 0,80,

respectivamente, podendo estar relacionado à escassez dessas madeiras nos remanescentes florestais ainda existentes na região de P. Afonso, Bahia.

Esse conjunto de informações relacionado às espécies observadas em cercas no vale do São Francisco é preocupante. Demonstra a necessidade de maiores estudos quanto à utilização de madeiras em cercas, mas, por outro lado, revela a necessidade de intervenção dos órgãos de controle nessa região mediante a baixa frequência de diversidade de espécies nativas, podendo estar relacionado ao esgotamento do recurso natural madeireiro (nativo) e avanço descontrolado da espécie exótica, aqui representada por *P. juliflora*, espécie de reconhecida capacidade de regeneração e abundância populacional frente às comunidades biológicas autóctones, o que está associado a sua característica ecológica de espécie colonizadora de ambientes em área secas, o que tem provocado drástica redução das populações nativas da Caatinga (Pegado et al., 2006; Andrade et al., 2009).

Pela avaliação de presença/ausência de estacas de *P. juliflora* nas cercas das propriedades rurais visitadas, constata-se que em 90% havia a presença dessa espécie (mínimo de 0 e máximo 59 indivíduos por cerca), contudo, 100% dos entrevistados afirmaram utilizar a “Algaroba” (*P. juliflora*) em suas cercas a partir de madeiras derivadas de matas da própria comunidade (85%) e/ou do comércio local (25%). *P. juliflora* ocorre em quantidade expressiva (14,7%) ao total avaliado em comparação às frequências por espécies, superando em 62,5% (5 das 8 espécies presentes nas cercas) a distribuição por espécies nativas, perdendo em número total de estacas para as espécies *Mimosa tenuiflora* (40,9%) e *Aspidosperma pyrifolium* (22,4%). Isso ocorre para essa espécie em função da disponibilidade desse recurso na Caatinga, sua conhecida capacidade de regeneração (reposição do estoque de estacas) e qualidade da madeira (tempo de duração e resistência ao ambiente), considerada pelos próprios produtores rurais da região como sendo “[...] uma das melhores madeiras para uso em cercas”.

Essa prática pode estar acelerando a invasão de *P. juliflora* no semiárido nordestino, dada a ação cíclica de retirada dessa espécie por meio da poda de seus ramos para substituição (reparos) e/ou construção de novas cercas. A capacidade de rebrota de *P. juliflora* é conhecida pelos produtores rurais, assim como o manejo dessas populações com o objetivo de acelerar seu crescimento. Essa capacidade de resposta ambiental presente em *P. juliflora* em áreas de Caatinga é reconhecida quando se observam áreas abandonadas com mais de 20 anos, em que há presença dessa espécie, apresentando valores de diversidade biológica incompatíveis para esse

bioma, podendo chegar a 90% para essa espécie exótica (Pegado et al., 2006), o que demonstra sua elevada capacidade de sobrevivência e adaptação ao semiárido nordestino.

Em Paulo Afonso, Bahia, 75% dos entrevistados relataram que utilizam as madeiras retiradas de florestas para construção/manutenção de cercas, e 25% afirmaram utilizar as madeiras para comércio, lenha e carvão. Cerca de 55% afirmaram retirar madeiras das florestas, tendo 45% respondido que não utilizam. Porém, quando confrontados em relação às principais espécies retiradas e como é feito para obter madeiras para reposição e construção de suas cercas, 75% responderam que, quando necessário, retiram madeiras das matas locais. Fato que contribui para a reduzida cobertura florestal presente na região, o que tem dificultado a substituição de estacas velhas e danificadas pelo tempo (biodegradação) por novas estacas de bom tamanho e em bom estado de conservação.

Para os mantenedores de cercas em Paulo Afonso, Bahia, e por ordem de preferência, as espécies *P. juliflora* (85%), *S. brasiliensis* (80%), *M. tenuiflora* (75%), *A. pyrifolium* (75%) e *A. columbrina* (70%) representam as melhores estacas mortas para uso em suas cercas. Em Cocal, Piauí, as espécies que se destacaram quanto ao uso em cercas de propriedades rurais foram *A. pyrifolium* e *C. odorata* (100%), *M. caesalpiniifolia* (95,83%), *Terminalia fagifolia* (84,21%) e *Annona leptopetala* (83,35%).

Biodegradação das cercas e estado de conservação

Quanto aos problemas de biodegradação da madeira (Tab. 2.1.3), que interferem diretamente no tempo de duração e necessidade de manutenção das cercas, foi possível constatar três principais ocorrências: ação de Brocas, Fungos e Cupins.

Tabela 2.1.3: Avaliação da ação de Biodegradação quanto à presença/ausência de brocas, fungos e cupins em estacas de madeira pertencentes às propriedades rurais avaliadas na Caatinga em P. Afonso, Bahia. Nota: IND = quantidade total de indivíduos por espécie; % = Frequência de ocorrência em relação ao número total de estacas verificado em todas as propriedades rurais avaliadas (/100).

		BIODEGRADAÇÃO			
		BROCAS	FUNGOS	CUPINS	MÉDIA
<i>P. juliflora</i> (Algaroba)	IND.	111	140	163	138
	%	0,45	0,57	0,66	0,56*
<i>A. colubrina</i> (Angico)	IND.	138	145	147	143
	%	0,78	0,82	0,83	0,81*
<i>M. urundeuva</i> (Aroeira)	IND.	26	23	24	24
	%	0,96	0,85	0,89	0,90*
<i>S. brasiliensis</i> (Braúna)	IND.	98	107	116	107
	%	0,71	0,78	0,84	0,78*
<i>P. pyramidalis</i> (Catingueira)	IND.	12	17	19	16
	%	0,55	0,78	0,86	0,73*
<i>M. tenuiflora</i> (Jurema)	IND.	507	564	552	541
	%	0,68	0,76	0,74	0,73*
<i>H. impetiginosus</i> (pau-d'arco)	IND.	38	35	34	36
	%	0,78	0,71	0,69	0,73*
<i>A. Pyrifolium</i> (Pereiro)	IND.	217	291	325	278
	%	0,49	0,66	0,74	0,63*

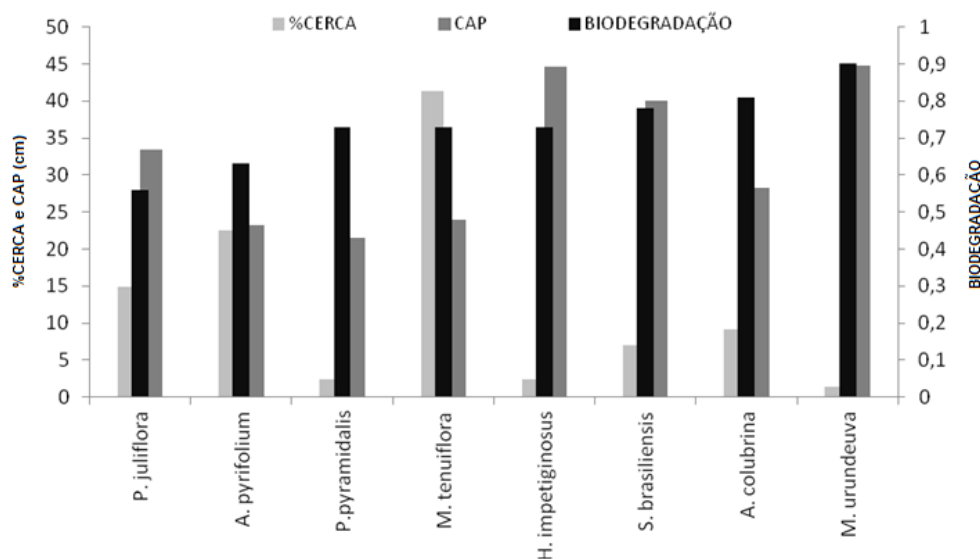
A partir da avaliação individual das 2018 estacas, 1283 estacas (63,58%), em média, apresentaram sinais evidentes de biodegradação, sendo a maior parte atingida pela ação de cupins (73%), fungos (69%) e brocas (62%). As espécies *M. urundeuva* (90%), *A. columbrina* (81%) e *S. brasiliensis* (78%) se destacaram por serem as que apresentam a maior quantidade média de agentes de biodegradação por espécie. As espécies *P. juliflora* (56%) e *A. Pyrifolium* (63%) foram as que apresentaram a menor quantidade média desses agentes presentes por indivíduo em relação ao total de estacas avaliadas.

Os resultados de biodegradação observados para as espécies com ocorrência nas cercas em P. Afonso, Bahia, sugerem que *A. pyrifolium* e *P. juliflora*, espécies de maior frequência nas cercas (22,4% e 14,7%, respectivamente), perdendo para *M. tenuiflora* (40,9%), estão relacionados à capacidade natural de resistência à ação dos agentes de biodegradação das madeiras, como cupins, fungos e brocas. Tanto *A. pyrifolium* (com 63% de um total de 451 estacas), como, principalmente *P. juliflora* (com 56% de um total de 297 estacas), apresentaram

valores médios de biodegradação bem inferiores à média geral por espécie que foi de 73% para os 2018 indivíduos avaliados. *M. tenuiflora* corresponde à porção quantitativa mais representativa por estaca presente nas cercas, apresentando média de agentes biodegradantes no valor de 73%, o que a coloca em posição intermediária em relação às demais espécies, o que pode provocar, em curto espaço de tempo, a necessidade de volumes significativos de madeira para fins de reposição nas cercas da Caatinga em Paulo Afonso, Bahia, em função dessa espécie não demonstrar a mesma resistência aos principais agentes de biodegradação avaliados, quando em comparação aos resultados de *A. pyrifolium* e *P. juliflora*.

Considerando a relação entre o CAP médio das espécies com ocorrência nas cercas em P. Afonso, Bahia, observa-se correlação significativa (0,41; $p = 0,005$) (Gráfico. 2.1.2) ao confrontarmos a média da circunferência de todos os indivíduos que compõem as cercas com a média de biodegradação, a partir das avaliações quanto à presença/ausência de brocas, fungos e cupins. É possível perceber que as menores diferenças entre as relações do CAP e a Biodegradação ocorrem para *M. urundeuva* e *S. brasiliensis* (Anacardiaceae). Já as maiores diferenças para essas mesmas variáveis podem ser observadas entre as espécies *P. pyramidalis* e *A. columbrina* (Fabaceae). Contudo, a espécie que apresentou o menor percentual médio de biodegradação foi *P. juliflora*, seguida de *A. pyrifolium*, espécies com representativa ocorrência nas cercas em Paulo Afonso, Bahia.

Gráfico 2.1.2: Representação das relações entre frequência das espécies, circunferência na altura do peito (CAP médio) e biodegradação média para as estacas com ocorrência nas cercas na Caatinga do município de P. Afonso, Bahia.



Em Caruaru, Pernambuco, Nascimento (2007) afirmou que 52,63% dos mantenedores de cercas relacionaram os problemas de biodegradação que ocorrem nas cercas ao longo do tempo à necessidade de substituição dessas estacas mortas por novos indivíduos de madeira, sendo que, para 31,58% dos entrevistados, a substituição desses materiais se dá periodicamente, o que representa de forma direta a relação entre o estado de biodegradação das estacas à necessidade de substituição/manutenção das cercas. Podemos afirmar que, através da análise dos resultados da diversidade de espécies que fazem parte das cercas em relação ao estado de geral de biodegradação (Tab. 2.1.3) das estacas de madeira morta contidas nas propriedades rurais em Paulo Afonso, Bahia, que (qualitativamente) 66,31% das estacas apresentam estado de conservação “regular/péssimo”, 32,16% “bom” e 1,53% “ótimo”, predito pelos próprios mantenedores de cerca. Esse resultado demonstra que em curto espaço de tempo haverá a necessidade de substituição da maioria dessas estacas, em função da decomposição natural realizada pelos agentes de biodegradação verificados através da presença/ausência de brocas, cupins e fungos. Para Ayuk (1997) as vantagens das cercas mortas não compensam os problemas gerados pela coleta frequente de madeira necessária em função da biodegradação.

Construção, manutenção (custo por estaca e tratamento) e função das cercas

Quanto à construção e manutenção das cercas em Paulo Afonso, Bahia, 95% dos entrevistados atribuíram o respeito à melhor época do ano para o estabelecimento das estacas mortas, assim como relataram a necessidade da limpeza das estacas através da retirada da casca, descanso antes da fixação ao solo para secagem, realizando, posteriormente, corte adequado no ápice e na base da estaca, observando a melhor fase da lua para seu estabelecimento, semelhante ao já descrito por Budowski e Russo (1993), Baggio e Heuveldop (1982), Nascimento (2007) e Chaves et al., (2014). Todos os mantenedores de cercas entrevistados em Paulo Afonso, Bahia, afirmaram utilizar instrumentos rudimentares não motorizados para realizar coleta de madeiras, sendo os principais: o facão, o machado e a foice. Afirmaram também que o custo médio por “estaca” é de R\$ 7,47 (2,35 USd) e o de um “mourão” R\$ 20,00 (6,25 USd).

Cerca de 95% dos proprietários rurais entrevistados fazem algum tipo de prática de preparação prévia da madeira antes de utilizar como estaca e, ao serem questionados diretamente sobre a realização de algum tipo de tratamento prévio da madeira para fins de aumento da sua durabilidade, 70% afirmaram não fazer nada a esse respeito. Os demais 30% que confirmaram

essa prática, 67% destes disseram que “[...] só retiram estaca na lua boa (cheia) depois de três dias” e 33% fazem “banho de óleo queimado enterrado com areia lavada”. Esse tipo de comportamento observado pela maioria (70%) quanto à durabilidade, se associa ao aumento da pressão de retirada de madeira dos remanescentes florestais em função da biodegradação natural das cercas e necessidade de novas estacas.

Em Cocal, Piauí, Chaves et al., (2014) observou que, para a comunidade local avaliada à época de coleta de madeira, é fundamental que a estaca apresente todas as características desejadas, devendo ser extraída no final da estação seca e na fase de lua nova. Para Ribaski et al., (2003) a madeira deve ser extraída nos meses de repouso vegetativo (outubro e novembro) para ser menos vulnerável ao ataque de pragas e sofrer menos rachaduras. A madeira apresenta diferentes características de acordo com a idade e com os tratamentos silviculturais nela aplicada, Rocha (2011), o que interfere positivamente na manutenção de suas características químicas e físicas e consequente tempo de duração por estaca. A variação na composição química, física e anatômica da madeira entre as diferentes espécies, e dentro da mesma espécie, principalmente pela idade, fatores genéticos e ambientais interferem quanto à ação dos preservantes e conservação das madeiras (Trugilho et al., 1996).

Em relação à função geral desempenhada pelas cercas mortas no vale do São Francisco, podemos constatar que, em 95% das cercas avaliadas, houve associação entre as estacas e a presença de arame farpado, apresentando uma média de 4,47 fios por cerca (exceto em uma única propriedade em que se encontra uma fachina – utilizada para criação de cabras). Todos os entrevistados atribuem às cercas a função de estabelecer os limites de sua propriedade, guardar seus animais e plantações, variando em função da utilização e quantidade de fios por cerca.

As cercas servem para guardar o Gado em 87,46% (média de 4,6 fios), Cabras (média de 6,0 fios) e Ovelhas (média de 4,0 fios), correspondendo a 20,32%, Palma 11,89% (média de 6 fios), Cavalos 5,40% (média de 6 fios) e Moradia 5,10% (média de 4,0 fios). Em Caruaru, Pernambuco, verificou-se que 78,95% das cercas servem para guardar os animais e plantações, 34,48% para proteger a propriedade contra a invasão de animais livres e 39,48% de pessoas não autorizadas. Em Cocal, Piauí, Chaves et al., (2014) constatou que as cercas de arame farpado são preferenciais para delimitar grandes áreas de terra e impedirem o trânsito de animais de grande porte, além de conferir o caráter privativo destas propriedades rurais, tendo observado diferentes arquiteturas para as cercas (cerca de arame farpado; cerca de arame farpado com cama; cerca de

cama; cerca de curral; cerca de fachina com arame farpado; cerca de fachina com passador) associadas à praticidade e finalidade de sua construção. Levasseur et al. (2004) observou que a praticidade de construção das cercas mortas está associada a sua maior utilização em cercas.

Volume de Madeira utilizado na construção das cercas

Quanto ao volume de Madeira (Tab. 2.1.4) correspondente às 2018 estacas mortas avaliadas em P. Afonso, Bahia, obtivemos 24,68 m³ de madeira, destes, 20,05 m³ (81,24%) foram oriundos de madeira nativa e 4,63 m³ (18,76%) de exóticas. As espécies que contribuíram em maior volume foram: *Mimosa tenuiflora* (7,08 m³), *Prosopis juliflora* (4,63 m³), *Aspidosperma pyrifolium* (4,06 m³), *Anadenanthera colubrina* (4,26 m³) e *Schinopsis brasiliensis* (3,71 m³).

Tabela 2.1.4: Relação das espécies presentes por cerca em P. Afonso, Bahia. IC = Indivíduo por Cerca - contribuição média por unidade estaca/cerca ou propriedade rural avaliada; % médio por unidade estaca/cerca por espécies nativas ou exótica; Volume T = volume (m³) por espécie; Volume E = volume médio (m³) por estaca; Volume (E) (N) = volume médio total por estaca para a espécie exótica (E) e volume médio total por estaca para espécies nativas (N). Nota: *corresponde à única espécie exótica observada.

Espécies	IC	%Espécie Nativa/Exótica	Volume T (m ³)	Volume E (m ³)	Volume (E) (N)
<i>Prosopis juliflora</i> *	14,85	100,0%	4,63	0,0156	0,0156 (E)
<i>Mimosa tenuiflora</i>	41,3	48,0%	7,08	0,0086	
<i>Aspidosperma pyrifolium</i>	22,55	26,2%	4,06	0,0090	
<i>Anadenanthera colubrina</i>	9,1	10,6%	4,26	0,0124	
<i>Schinopsis brasiliensis</i>	6,95	8,1%	1,71	0,0267	0,0190 (N)
<i>Handroanthus impetiginosus</i>	2,45	2,8%	1,78	0,0363	
<i>Poincianella pyramidalis</i>	2,35	2,7%	0,20	0,0043	
<i>Myracrodruon urundeuva</i>	1,35	1,6%	0,96	0,0356	
		Total	24,68	Média	0,0173

Em Caruaru, Pernambuco, os volumes observados foram de 28,37 m³ de madeira, sendo 21,43 m³ de madeira nativa da Caatinga e 4,44 m³ de exóticas, destacando as espécies *Anadenanthera colubrina* (7,35 m³), *Spondias mombin* (1,92 m³), *Prosopis juliflora* (1,76 m³), *Schinopsis brasiliensis* (1,71 m³) e *Caesalpinia pyramidalis* Tul. (1,48 m³) e *Mimosa tenuiflora* (1,46 m³). Verifica-se expressiva semelhança entre os volumes de madeira obtidos para Paulo Afonso, Bahia, e Caruaru, Pernambuco, correspondendo a 87%. Contudo, os resultados observados para Paulo Afonso, Bahia, demonstram significativa diferença em relação ao volume por estaca tanto para as espécies nativas quanto para a espécie exótica.

O volume médio por estacas mortas nativas foi de $0,0190 \text{ m}^3$, exótica $0,0156 \text{ m}^3$ e média geral por estaca de $0,0173 \text{ m}^3$ (Tab. 2.1.4). Em Caruaru, Pernambuco, o volume médio por estaca de espécie nativa foi de $0,034 \text{ m}^3$, exóticas $0,014 \text{ m}^3$ e média geral por estaca $0,024 \text{ m}^3$. Esses resultados são semelhantes em 56% para nativas, 90% para exóticas e 72% em relação à média geral por estaca. Nas cercas de P. Afonso, Bahia, os valores obtidos para *M. tenuiflora* foram 4,85 vezes maior, assim como os da espécie *P. juliflora* (2,63 vezes maior), e *A. colubrina* 3,25 vezes menor que os encontrados em cercas no município de Caruaru, Pernambuco. Nascimento (2007) constatou que a espécie mais explorada em Caruaru, Pernambuco foi *A. columbrina*, sendo que a maior quantidade de madeira utilizada pela comunidade era oriunda, principalmente, de vegetação nativa, estando o volume de estacas mortas concentrado em nove espécies (das 51 avaliadas), sendo 6 nativas.

Algumas espécies, como *A. colubrina*, *M. tenuiflora* e *C. pyramidalis*, apresentaram caules de grande densidade e pouca umidade, o que acaba gerando incapacidade de rebrota a partir de grandes pedaços de estacas, o que tem dificultado a recomposição do estoque de madeira nos remanescentes florestais a partir da retirada dessas espécies para utilização em cercas. Contudo, essas espécies têm alta capacidade de sobrevivência a partir de rebrota se mantiverem seu sistema radicular, quando submetidas a cortes rasos (Sampaio, 1998; Figueirôa et al., 2005; Nascimento, 2007). De fato, a espécie *A. columbrina* apresenta-se ameaçada na Caatinga dada sua frequência de uso na construção de cercas, como na produção de lenha e carvão, aonde sua utilização já vem sendo relatada em estudos para esse bioma (Figueirôa et al., 2005; Ferraz et al., 2005).

A presença *P. juliflora* nas cercas mortas está relacionada à exploração de recursos madeireiros dos remanescentes florestais da Caatinga local e revela um cenário bastante preocupante no que tange ao esgotamento das espécies nativas com o consequente avanço dos maciços populacionais dessa espécie. É possível perceber de forma ainda mais evidente que *P. juliflora*, através de sua participação na composição do volume de madeira (segunda maior, $4,63 \text{ m}^3$ ou 18,76% do total de estacas), assume um posição de destaque na composição das cercas em Paulo Afonso, Bahia, enquanto espécie exótica em função do favorecimento ao qual vem sendo submetida (controle). Espécies do gênero *Prosopis* quando submetidas a processos de controle de poda têm aumentos significativos nas suas taxas de crescimento (Alvarez et al., 2011a; 2011b), e esse pode ser o principal motivo para a utilização rotineira de *P. juliflora* enquanto

reposição/manutenção de estacas nas cercas da região do vale do São Francisco. Os mantenedores (próprios proprietários rurais) de cerca podem estar promovendo o favorecimento (facilitação) dessa espécie frente às espécies nativas, já que, em função da escassez das próprias espécies naturais da Caatinga, *P. juliflora* tende a ser escolhida pela sua abundância, qualidade da madeira, tempo de duração das estacas, e, principalmente, pela sua capacidade de recuperação quando submetida ao manejo (poda), podendo apresentar expressivas alterações em suas taxas de crescimento.

Uma possível solução para o problema do uso preferencial de recursos madeireiros a partir de remanescentes florestais locais para fins de construção/manutenção de cercas mortas, que provocam a necessidade constante de retirada de madeira, pode estar na utilização de cercas mistas a partir da mudança de ação por parte da comunidade. Como relatado por Harvey et al., (2003;2005), Budowsky e Russo (1993) e Nascimento (2007), que verificaram, em diferentes comunidades, o compartilhamento de práticas do uso de cercas mortas associadas à utilização de estacas vivas. É possível adotar o uso misto de estacas vivas e mortas, em que estas são utilizadas para esticar o arame farpado evitando, assim, que estacas vivas no início de seu estabelecimento sejam prejudicadas antes do seu enraizamento, além do fato de que, a partir do estabelecimento dessas árvores (estacas vivas), estas passaram a ser fonte de novas estacas para uso na própria propriedade rural.

Segundo Budowski (1987;1998), os principais problemas associados ao uso de cercas mortas são: a escolha das espécies depende da sua disponibilidade na natureza; o custo das estacas ser alto devido à escassez de espécies resistentes; o aumento da densidade das estacas ser relativamente caro; sua manutenção depende de proteção contra fungos e cupins; sua durabilidade é variável e depende de tratamento durando menos de 15 anos; não produz biomassa, não fixa nitrogênio no solo ou gera qualquer produto econômico adicional; acaba sendo mais viável para o grande produtor rural que pode comprar estacas mortas; não gera benefício algum para as pessoas ou cultivos; não contribui para o controle de erosão. As cercas podem desempenhar duplo impacto na biodiversidade: tanto podem favorecer sua conservação (cercas vivas) como podem contribuir para o declínio de uma espécie (cercas mortas oriundas de estacas vivas da vegetação nativa) (Nascimento, 2007).

É possível que o consórcio entre as práticas do uso das cercas vivas e mortas minimizem o problema da escassez de madeira nos remanescentes florestais locais, em função das práticas

cotidianas adotadas pelos mantenedores de cercas no município de Paulo Afonso, Bahia. Esse tipo de prática aproxima-se de uma ação sustentável entre a necessidade de sobrevivência do produtor rural no semiárido nordestino e sua dependência quanto ao uso constante de estacas mortas para a manutenção de suas cercas. É urgente que práticas de controle sejam adotadas quanto à retirada de madeira dos remanescentes florestais ainda existentes na Caatinga, visto que a região encontra-se em franco processo de desmatamento. O uso de cercas vivas em associação com estacas mortas pode potencializar ações que, a curto e médio prazo, poderão reduzir a retirada constante de madeira das florestas em função da contínua necessidade de substituição de estacas e construção de novas cercas na Caatinga.

As vantagens financeiras associadas à dificuldade de encontrar estacas mortas fazem com que a prática da utilização de cercas vivas seja preferencialmente utilizada pelos mantenedores de cercas com menores recursos financeiros (Budowski, 1987). Cercas vivas podem contribuir quanto à conservação da biodiversidade em paisagens agrícolas por aumentarem a cobertura arbórea, o que reflete na melhoria da qualidade do solo (Harvey et al., 2003;2005). A principal dificuldade e obstáculo relatado por agricultores brasileiros em área de Caatinga, quanto à utilização das cercas vivas, é a necessidade de manutenção constante dada às estacas vivas (Nascimento, 2007).

A escassez quanto ao recurso florestal madeira para o uso em cercas na Caatinga provoca urgente intervenção dos órgãos de controle, tornando necessário o desenvolvimento de programas de conservação voltados à realidade das comunidades presentes na Caatinga, de modo a garantir tanto a continuidade de existência das espécies vegetais utilizadas por essas pessoas, como em paralelo também deve equilibrar de forma sustentável a necessidade desse recurso, tão importante para a sobrevivência do sertanejo que vive no semiárido nordestino. Outro fato, não menos importante, é a urgente necessidade de controle quanto à expansão de espécies exóticas, como ocorre com *P. juliflora* em áreas de Caatinga e em especial no vale do São Francisco, espécie que acaba sendo beneficiada pelos mantenedores de cercas em função de suas características ecológicas (como regeneração e resistência à biodegradação), já que a mesma vem suprimindo a demanda contínua desse recurso em face da necessidade presente de substituição das estacas que se apresentam desgastadas pelo tempo ou que serão utilizadas na construção de novas cercas.

CONCLUSÕES

Neste estudo foi possível descrever que o tempo médio de permanência (residência) dos agricultores na área de pesquisa pode ser considerado satisfatório (16,25 anos) dando sustentação às entrevistas realizadas, principalmente o tempo médio demonstrado quanto à prática da agricultura (24,4 anos), o que demonstra expressiva experiência em relação ao convívio agrícola e uso da Caatinga, assim como o conhecimento quanto à utilização das madeiras em cercas.

As espécies nativas de maior importância na construção das cercas e cercados foram *Mimosa tenuiflora* (40,9%) e *Aspidosperma pyrifolium* (22,4%), onde a terceira mais abundante (única exótica presente) foi *Prosopis juliflora* (14,7%) presente nas propriedades rurais de fazendas e sítios da região do vale São Francisco. Esses dados indicam que a substituição da madeira nativa por espécie exótica pode ser considerada significativa quanto à conservação das cercas para a região avaliada.

A utilização de *P. juliflora* nas cercas demonstrou ser expressiva para a região, o que foi confirmado pela análise dos índices de valor de importância fitossociológico e valor de consenso de uso, demonstrando haver mudança no status de preferência de uso em função de sua maior disponibilidade e custo desse recurso madeireiro na região. A espécie *S. brasilienses* foi a nativa mais importante para os entrevistados quanto ao uso nas cercas. Contudo, sua reduzida disponibilidade enquanto recurso florestal a coloca em posição de menor destaque quando comparada à espécie exótica *P. juliflora*.

Os processos de biodegradação afetaram 63,58% das estacas de madeira examinadas que apresentaram sinais evidentes de ataque de cupins (0,74), fungos (0,66) e brocas (0,49), estes dados confirmam a reduzida ação preventiva quanto à promoção de ações que aumentem a durabilidade das estacas, o que potencializaria a redução de retirada de madeiras dos remanescentes florestais da região, já que 30% dos proprietários rurais entrevistados afirmaram fazer alguma ação preventiva ligada à durabilidade das estacas. A espécie *P. juliflora* foi a que sofreu menor ação de biodegradação (média de 0,56), seguida pela espécie nativa *Aspidosperma pyrifolium* (média de 0,63). A maior parte (66,31%) das estacas presentes apresentam estado geral de conservação considerado “ruim/péssimo”, o que sugere a necessidade de reposição dessas estacas em curto intervalo de tempo.

A preferência por espécies nativas e a participação de espécies exóticas por parte dos mantenedores de cerca, assim como a diversidade dessas espécies em cercas pode ser utilizado

como indicador ambiental quanto ao estado de conservação dos remanescentes florestais locais, auxiliando os gestores nas tomadas de decisões quanto a procedimentos de controle relacionados à utilização dos recursos madeireiros ainda existentes no bioma.

Este estudo identificou que há um impacto da ação antrópica no modo de uso da terra na região do vale São Francisco na região de Paulo Afonso, Bahia, e que esta ação levou a super-exploração local de 8 espécies de árvores de madeira, com consequente processo de substituição de estacas das cercas por espécie exótica. O manejo racional das espécies nativas é uma das recomendações aos produtores e proprietários rurais da região em função da reconhecida noção da escassez desse recurso madeireiro, associado ao controle de expansão da espécie exótica *P. juliflora* em função dos riscos ecológicos associados ao seu favorecimento local, em face do esgotamento dos recursos florestais de espécies nativas da Caatinga local.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer ao Prodepa da Universidade Federal de Sergipe (UFS) do qual fiz parte como discente do Doutorado em Desenvolvimento e Meio Ambiente e ao Instituto Federal de Sergipe (IFS) campus São Cristóvão onde sou docente, por toda a ajuda dispensada para a realização deste trabalho. Agradeço a todos que fazem parte do curso superior em Agroecologia e do curso técnico em Agropecuária do referido campus do qual faço parte com muito orgulho e dedicação.

REFERÊNCIAS

- ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P.; ALENCAR, N. L. **Métodos e técnicas para coleta de dados etnobiológicos**. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA R. F. P.; CUNHA, L. V. F. C. (Eds.). Métodos e técnicas na pesquisa etnobiológica e etnoecológica. NUPPEA. Teresina. 2010.
- ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N.; Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botânica Brasílica**, n. 17(2), p. 287-303. 2003.
- ALVAREZ, J. A.; VILLAGRA, P. E.; VILLALBA, R.; CONY, M. A.; ALBERTO, M. Wood productivity of *Prosopis flexuosa* D.C. woodlands in the central Monte: Influence of population structure and tree-growth habit. **Journal of Arid Environments**, n. 75, p. 7-13. 2011a.
- ALVAREZ, J. A.; VILLAGRA, P. E.; VILLALBA. Factors controlling deadwood availability and branch decay in two *Prosopis* woodlands in the Central Monte, Argentina. **Forest Ecology and Management**, n. 262, p. 637-645. 2011b.
- ALTIERI, M. **Agroecologia: bases científicas para uma agricultura sustentável**. Guaíba: agropecuária. 592p. 2002.
- ALVES, M. O. **Agora o nordeste vai. Experiência de desenvolvimento local: o caso do município de Tejuçuoca, Ceará**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais. 136p. 1999.
- ALCOFORADO-FILHO, F. G.; SAMPAIO, E. V. S. B.; RODAL, M. J. N. Florística e fitossociologia de um remanescente de vegetação caducifólia espinhosa arbórea em Caruaru, Pernambuco. **Acta Botânica Brasílica**, n. 17(2), p. 287-303. 2003.
- ANDRADE, L. A.; FABRICANTE, J. R.; OLIVEIRA, F. X. Invasão biológica por *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.: impactos sobre a diversidade e a estrutura do componente arbustivo-arbóreo da caatinga no estado do Rio Grande do Norte, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, n. 23(4), p. 935-943. 2009.
- APG – ANGIOSPERM PHYLOGENY GROUP. Angiosperm Phylogeny Group III. An update of the angiosperm phylogeny group classification for the orders and families of flowering plants. **Botanical journal of the Linnean Society**, n. 161, p. 105-121. 2009.
- ARAÚJO-FILHO, J. A.; CRISPIM, S. M. **Ovinos em áreas de caatinga no Nordeste do Brasil**. Embrapa, n. 1, p. 1-7. 2002.
- ARAÚJO, E. L.; FERRAZ, E. M. N. Amostragem da vegetação e índices de diversidade. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P. (org.). **Métodos e técnicas na pesquisa etnobotânica**. NUPEEA, Livro rápido, Recife, p. 89-137. 2004.

AYUK, E. T. Adoption of agroforestry technology: the case of live hedges in the Central. Plateau of Burkina Faso. **Agricultural Systems**, n. 54(2), p. 189-206. 1997.

BAGGIO, A. J.; HEUVELDOP, J. **Implantação, manejo e utilização do sistema agroflorestal cercas vivas de *Gliciridia sepium* (Jacq.) Steud. na Costa Rica**. Boletim de pesquisa florestal, n. 5, p. 19-52. 1982.

BAILEY, K. **Methods of social research**. The Free press. New York. 1994.

BARROS, S. Cercas sertanejas: traços ecológicos do sertão pernambucano. **Os Cadernos de Cultura**, n. 117, p. 55-58. 1959.

BARROS, M. S. **Cercas sertanejas. Traços ecológicos do sertão pernambucano**. 2nd ed., Recife: Secretaria de Educação, Editora Massangana 81p. 1985.

BIG, A.; BALSLEV, H. Diversity and use of palms in Zahamena, eastern Madagascar. **Biodiversity and Consevation**, n. 10, p. 951-970. 2001.

BUDOWSKI, G. Living Fences in Tropical America, a widespread agroforestry practice. In: GHOLZ, H. L. (ed). **Agroforestry: realities, possibilities and potenciales**. Dordrecht, The Netherlands: Martinus Nijhoff, p.169-178. 1987.

BUDOWSKI, G.; RUSSO, R. Live fence posts in Costa Rica: a compilation of the farmer's beliefs and technologies. **Jounal of Sustainable Agriculture**, n. 3, p. 65-85. 1993.

BUDOWSKI, G. Importancia, características y uso de las cercas vivas. In: LOK, R. (ed). **Huertos caseros tradicionales da América Central: características, benefícios e importancia, desde um enfoque multidisciplinario**. Turrialba: Centro Agronomico Tropical de Investigación y Enseñanza, p. 117-127. 1998.

CAMELO FILHO, J. V. **A Dinâmica Política, Econômica e Social do Rio São Francisco e do seu Vale**. Revista do Departamento de Geografia (UFRN), n. 17, p. 83-93. 2005.

CHAVES, E. M. F.; CHAVES, E. B. F.; SÉRVIO JÚNIOR, E. M.; BARROS, R. F. M. Conhecimento Tradicional: A Cultura das Cercas de Madeira no Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Etnobiologia**, n. 12(1), p. 31-43. 2014.

CRANE, J. C. Living fence posts in Cuba. **Agriculture in the Americas**, n. 5(2), p. 34-38. 1945.

DRUMOND, M. A. **Avaliação e identificação de ações para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**. APNE. Petrolina, p.134-176. 2000.

FARIAS SOBRINHO, D. W. **Viabilidade técnica e econômica do tratamento preservativo da madeira de algaroba (*Prosopis juliflora* (Sw) D.C.), pelo método de substituição da seiva**. Dissertação de Mestrado, UFPB – Campina Grande, p.53. 2003.

FIGUEIRÔA, J. M.; PEREIN, F. G. C.; DRUMOND, M.; ARAÚJO, E. L. Madeiras. In: SAMPAIO, E. V. S. B.; PEREIN, F. G. C.; FIGUEIRÔA, J. M.; SANTOS-JR, A. G. S. (Orgs.). **Espécies da flora nordestina de importância econômica potencial**. Associação Plantas do Nordeste, Recife p.101-133. 2005.

FERRAZ, J. F. S.; MEUNIER, I. M. J.; ALBUQUERQUE, U. P. Conhecimento sobre espécies lenhosas úteis da mata ciliar do Riacho do Navio, Floresta, Pernambuco. **Zonas áridas**, n. 9, p. 27-29. 2005.

FRIEDMAN, J.; YANIV, Z.; DAFNI, A.; PALEWITCH, D. A preliminary classification of the healing potential of medicinal plants, based on a rational analysis of an ethnopharmacological field survey among Bedouins in the negev desert Israel. **Journal of Ethnopharmacology**, n. 16, p. 275-287. 1986.

GABRIEL, V. A. **Uso de cercas – vivas por aves em uma paisagem fragmentada de mata atlântica semi-decídua**. Dissertação de Mestrado, UEP Rio Claro, p.77. 2005.

GIRARD, P. Producción y uso del carbón vegetal en África. **Unasylva**, n. 211(53), p. 30-35. 2002.

GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, p.653. 2001.

GOMES, P. **A algarobeira**. Rio de Janeiro: Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola (Serie SIA, 865), p. 49. 1961.

HARVEY, C. A.; VILLANUEVA, C.; VILLACÍS, J.; CHACÓN, M.; MUÑOZ, C.; LÓPEZ, M.; IBRAHIM, M.; GÓMEZ, R.; TAYLOR, R.; MARTINEZ, J.; NAVAS, A.; SÁENZ, J.; SÁNCHEZ, D.; MEDINA, A.; VILCHEZ, S.; HERNÁNDEZ, B.; PÉREZ, A.; RUIZ, F.; LÓPEZ, F.; LANG, I.; KUNTH, S.; SINCLAIR, F. L. Contribución de lãs cercas vivas a La productividad e integridad ecológica de lós paisajes agrícolas em América Central. **Agroforesteria em las Américas**, n. 10, p. 39-40. 2003.

HARVEY, C. A.; VILLANUEVA, C.; VILLACÍS, J.; CHACÓN, M.; MUÑOZ, C.; LÓPEZ, M.; IBRAHIM, M.; GÓMEZ, R.; TAYLOR, R.; MARTINEZ, J.; NAVAS, A.; SÁENZ, J.; SÁNCHEZ, D.; MEDINA, A.; VILCHEZ, S.; HERNÁNDEZ, B.; PÉREZ, A.; RUIZ, F.; LÓPEZ, F.; LANG, I.; KUNTH, S.; SINCLAIR, F. L. Contribution of fences to the ecological integrity of agricultural landscapes. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, n. 111, p. 200-230. 2005.

IAWA. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. IAWA Bulletin, **New Series**, n. 10(3), p. 219-332. 1989.

IPNI. **The International Plant Names Index**. Disponível em: <http://www.ipni.org>. Acessado em 05/06/2013.

KÖPPEN, W. **Climatología: con un estudio de los climas de la tierra**. Publications In: Climatology. Laboratory of Climatology, New Jersey. p. 104. 1948.

LAVASSEUR, V.; DJIMDÉ, M.; OLIVIER, A. Live fences in Ségou, Mali: an evaluation by their early users. **Agroforestry Systems**, n. 60, p. 131-136. 2004.

LIMA, S. L.; OLIVEIRA, A. D. As contribuições da pesquisa em educação para a produção de conhecimentos no semiárido. In: SILVA, C. M. S.; LIMA, E. S.; CANTALICE, M. L.; ALENCAR, M. T.; SILVA, W. A. (Coords.). **Semiárido Piauiense: Educação e Contexto**. INSA, Triunfal Gráfica Editora, Campina Grande, p.121. 2010.

LINS E SILVA, A. C. B. **Characteristics of *Prosopis juliflora* invasion of semi-arid habitats in Northeast Brazil**. Thesis (M.Sc.) – University of Durham, Durham. 76p. 1997.

MOBOT. **Tropicos.org. Missouri Botanical Garden**. Disponível em: <http://www.tropicos.org>. Acessado em 09/07/2014.

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GASSON, P.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A.; BARACAT, A.; ARAÚJO, E. L. Climate-tree growth relationships of *Mimosa tenuiflora* in seasonally dry tropical forest, Brazil. **Cerne**, n. 21(1), p. 141-149. 2015.

MONTENEGRO, S. C. S. **A conexão homem/camarão (*Macrobrachium carcinus* e *M. acanthurus*) no Rio Francisco alagoano: uma abordagem etnoecológica**. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo. 2001.

MORI, A. S.; SILVA, L. A. M.; CORADIN, L. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico**. Centro de Pesquisa do Cacau. Ilhéus. 1989.

MINTZ, S. W. Living fence in the Fonde-Des-Nègres region, Haiti. **Economic Botany**, n. 16, p. 101-105. 1962.

NASCIMENTO, V. T. **Estratégias rurais de uso e manejo de plantas para a construção de cercas em uma área de caatinga no município de Caruaru, Pernambuco**. Dissertação de Mestrado, UFRPE, Pernambuco, p.101. 2007.

NASCIMENTO, V. T.; SOUZA, L. G.; ALVES, A. G. C.; ARAÚJO, E. L.; ALBUQUERQUE, U. P. Rural fences in agricultural landscapes and their conservation role in an area of caatinga (dryland vegetation) in Northeast Brazil. **Environ Dev Sustain**, n. 11, p. 1005-1029. 2009.

NOBRE, F. V. Algarobeira no Nordeste brasileiro, especialmente no Rio Grande do Norte. In: **Simpósio Brasileiro sobre Algaroba. 1**. Anais. Natal: EMPARN, p.257-282. 1982.

PEGADO, C. M. A.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L. P.; PEREIRA, M. P. Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. Sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Botânica Brasílica**, n. 20(4), p. 887-898. 2006.

REYES, S. A.; ROSADO, I. C. Plantas utilizadas como cercas vivas em El estado de Veracruz. **Madera y Bosques**, n. 6(1), p. 55-71. 1999.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. F.; OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) Árvore de Múltiplo uso no Brasil**. EMBRAPA, Colombo, p.4. 2003.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade nas propriedades energéticas da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis***. Dissertação de Mestrado, UFV, Viçosa, p.69. 2011.

RODAL, M. J. N.; SAMPAIO, E. V. S.; FIGUEIREDO, M. A. **Manual sobre métodos de estudo florístico e fitossociológico-ecossistema caatinga**. Sociedade Botânica do Brasil, Brasília, p. 28. 1992.

SAMPAIO, E. V. S. B. Fitossociologia. In: Sampaio EVSB, Mayo SJ, Barbosa MRV (Eds.). **Pesquisas botânicas Nordestinas: Progresso e perspectivas**. Sociedade Botânica do Brasil/Seção Regional Pernambuco, Recife, p. 203-224. 1996.

SAMPAIO, Y.; MAZZA, J. E. Diversidade sócio econômica e pressão antrópica na Caatinga nordestina. In: SILVA, J. M. C.; TABARELLI, M. (Coords.). **Workshop Avaliação e identificação de ações prioritárias para a conservação, utilização sustentável e repartição de benefícios da biodiversidade do bioma Caatinga**, p. 2-8. 2000.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do Bioma Caatinga - características e potencialidades. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Eds.). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, p. 27-96. 2010.

SAUER, J. D. **Living fences in Costa Rica Agriculture**. Turrialba, n. 29(4), p. 225-261. 1979.

SIDERSKY, P.; JALFIM, F.; RUFINO, E. Combate à pobreza rural e sustentabilidade no semiárido nordestino: a experiência do projeto Dom Helder Camara. **Revista Agriculturas**, n. 5(4), p. 23-28. 2008.

SILVA, V. A.; ALBUQUERQUE, U. P. Técnicas para análise de dados etnobotânicos. In: ALBUQUERQUE, U. P.; LUCENA, R. F. P. (Orgs.). **Métodos e técnicas na pesquisa etnobotânica**. NUPEEA/Livro rápido, Recife, p.63-88. 2004.

STERNARDT, G. H. **Cubagem de toras de mogno – comparação do processo do IBAMA e o adotado por madeireiras**. p. 100. 2001.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, n. 2(1), p. 94-111. 1996.

VÁZQUEZ, D. P.; ALVAREZ, J. A.; DEBANDI, G.; ARANIBAR, J. N.; VILLAGRA, P. E. Ecological consequences of dead wood extraction in an arid ecosystem. **Basic and Applied Ecology**, n. 12, p. 722-732. 2011.

ZAR, J. H. Biostatistical analysis. **Prentice Hall**, New Jersey, p. 663. 1996.

2.2 Growth patterns and sensitivity to climate predict recent tree decline in the semiarid tropics from Brazil

Authors

Francisco de Carvalho Nogueira Júnior¹

Mariana Alves Pagotto²

Fidel Alejandro Roig³

Adauto Ribeiro⁴

Claudio Sergio Lisi²

¹Laboratory of Ecology and Dendrology, Instituto Federal de Sergipe, Rodovia BR-101, Km 96, povoado Quissamã, Sion Cristovion, Sergipe, 49100-000, Brazil.

²Laboratory of Plant Anatomy and Dendrochronology, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon s/n, Rosa Elze, Sion Cristóvion, Sergipe, 49100-000, Brazil.

³Laboratory of Dendrochronology and Environmental History, IANIGLA, CCT-CONICET-Mendoza, Avda. Ruiz Leal s/n, CC 330, PO Box 5500, Mendoza, Argentina.

⁴Department of Ecology, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon, s/n, Rosa Elze, Sion Cristovion, Sergipe, 49100-000, Brazil.

Corresponding author

Name: Francisco Nogueira Júnior; Address: Rua Napoleion Teles de Oliveira, n. 35, Luzia, Aracaju, Sergipe, Brazil, 49048-309; Tel: +5579998691803; +557932170886; E-mail: fjbologia@gmail.com

Abstract

Semiarid tropical forests, such as the Caatinga, present periods of seasonal drought, which interrupt cambial activity in woody plants, leading to the formation of annual growth rings. The alien species *Prosopis juliflora* has been introduced into the Caatinga, where it now forms extensive populations that have modified the composition of the local flora. The present study produces a dendrochronology of *P. juliflora*, which was used to evaluate how the climate influences secondary growth in these plants. The growth rings of this species are defined by lines in the marginal axial parenchyma, with variation in the diameter of the vessels associated with an abundance of axial parenchyma in the late wood. Based on 36 samples, we present a tree ring width chronology for the period between 1975 and 2015, with an inter-series correlation of 0.531 and mean annual rate of increment of 3.71 mm. Statistical analyses of the potential effects of climatic variables on this chronology is related directly to the Autumn/Winter rainy season and

torrential downpours occurring during the Summer. The chronology is inversely related to mean temperature and insolation. The growth of *P. juliflora* is favored by local climatic conditions, which support its role as an invasive species in the Caatinga. These findings provide important insights into the growth dynamics of this invasive species, which should contribute to the decision-making of managers and environmental agencies on the development of effective sustainable management practices.

Keywords: Tropical dendro-ecology; *Prosopis juliflora*, Dry forest; Caatinga.

INTRODUCTION

The growth rings found in the stems of woody plants are anatomical structures produced by the activation and deactivation of the cambium in response to seasonal fluctuations in the climate and the related physiological processes of the plant (Pallardy, 2008). The plants of semiarid tropical forests are subject to seasonal droughts, which interrupt cambial activity, leading to the formation of annual growth rings (Worbes, 1995; Fichtler, 2004). The high evapotranspiration rates that are typical of these environments also contribute to the seasonal growth pattern of the plants (Karlin and Diaz, 1984).

The Caatinga is a tropical semiarid forest in northeastern Brazil, which covers a total area of approximately 900,000 km². Mean annual precipitation varies from 300 mm to 1000 mm, with rains typically being concentrated over a three to four month period, mean annual temperatures of around 25°C, and evapotranspiration rates of 1500–2000 mm per year (Sampaio, 2010). The most marked characteristic of this forest is the seasonal phenology of its plants, with flowers and leaves being produced during the rainy season, followed by intense leaf-fall during the dry season (Rizzini et al., 1988).

Over the past few decades, studies have shown that the native Caatinga trees form annual growth rings in response to the hydrological seasonality of this environment. For example, *Cnidoscolus phyllanthus* (M. Arg. & Pax et Hoffm.) reinitiates cambial activity at the beginning of the rainy season, which is characterized by considerable yearly variation in the radial width of the growth rings, reflecting the duration of each dry season (Tsuchiya, 1995). In *Mimosa acutistipula* (Mart.) Benth and *Astronium urundeuva* (Fr. & All.) Engl, Tsuchiya (1995) found that the growth ring were larger, with a larger number of vessels, in years with high levels of moisture in the soil. *Pachira stenopetala* Casar (Nogueira Jr., 2011), *Cedrela odorata* L. (Anholeto Jr., 2011) and *Poincianella pyramidalis* (Tul.) L. P. Queiroz (Pagotto et al., 2015)

formed annual growth rings that correlated significantly with the pattern of seasonal rains in the Caatinga.

In addition to its native trees, a number of alien species are found in the Caatinga, where they suffer hydrological stress, although little is known of the influence of the region's climatic seasonality on the secondary growth of these plants. Alien species are non-native species occurring outside their original biogeographic region (Lockwood et al. 2007). Many of these species become invaders and threaten the survival of native species by modifying the local ecosystem (Traveset and Richardson, 2006). These species are often difficult to control because of the lack of data on their growth strategies (Knüsel et al., 2015).

The genus *Prosopis* (Fabaceae-Mimosoideae) is well adapted to arid and semiarid environments, and is found in South America, ranging from the Chaco of Argentina southwards as far as Patagonia, and westwards to the Atacama deserts (Roig, 1993). The north American *Prosopis juliflora* (Sw.) tree species is considered to be an invader of the Caatinga forests (Zenni and Ziller, 2011), where it can be found in dense stands that affect the composition of the local flora (Pegado et al., 2006). This species was introduced to the Caatinga in around 1940, as an alternative source of forestry resources for the local population (Gomes, 1961; Azevedo, 1982; Oliveira et al., 1999). *P. juliflora* is well adapted to the typical conditions of the Caatinga, given its capacity for regeneration and the dispersal of its fruit and seeds by a number of different groups of animals, contributing to the invasion and colonization of many areas (Lins and Silva, 1997).

In the present study, the formation of growth rings in *P. juliflora* was investigated and the inter-annual dynamics of the growth of the tree was analyzed in relation to the variation in climate. The biological value of this variation as an indicator of periods of drought in the Caatinga was also verified.

MATERIAL AND METHODS

Study area

The study focused on remnants of the Caatinga in the municipality of Paulo Afonso (09°30'50.37" S, 38°09'22.15" W) in Bahia, Brazil (Fig. 2.2.1). The region has a hot and dry semiarid Bsh-type (Köppen, 1948) climate, with annual precipitation of 400–900 mm and ambient temperatures of 17–33°C, with a rainy season typically between March and July, and an

intense dry season between August and December (<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103956/1/BPD-211-Climatologia-Alagoas.pdf>; <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>; Fig. 2.2.2). In some years, intense, localized downpours may occur in either November–December or January–February.

Fig. 2.2.1: South America, showing the Caatinga biome in the Brazilian Northeast, and the study area in Paulo Afonso, Bahia, Brazil.

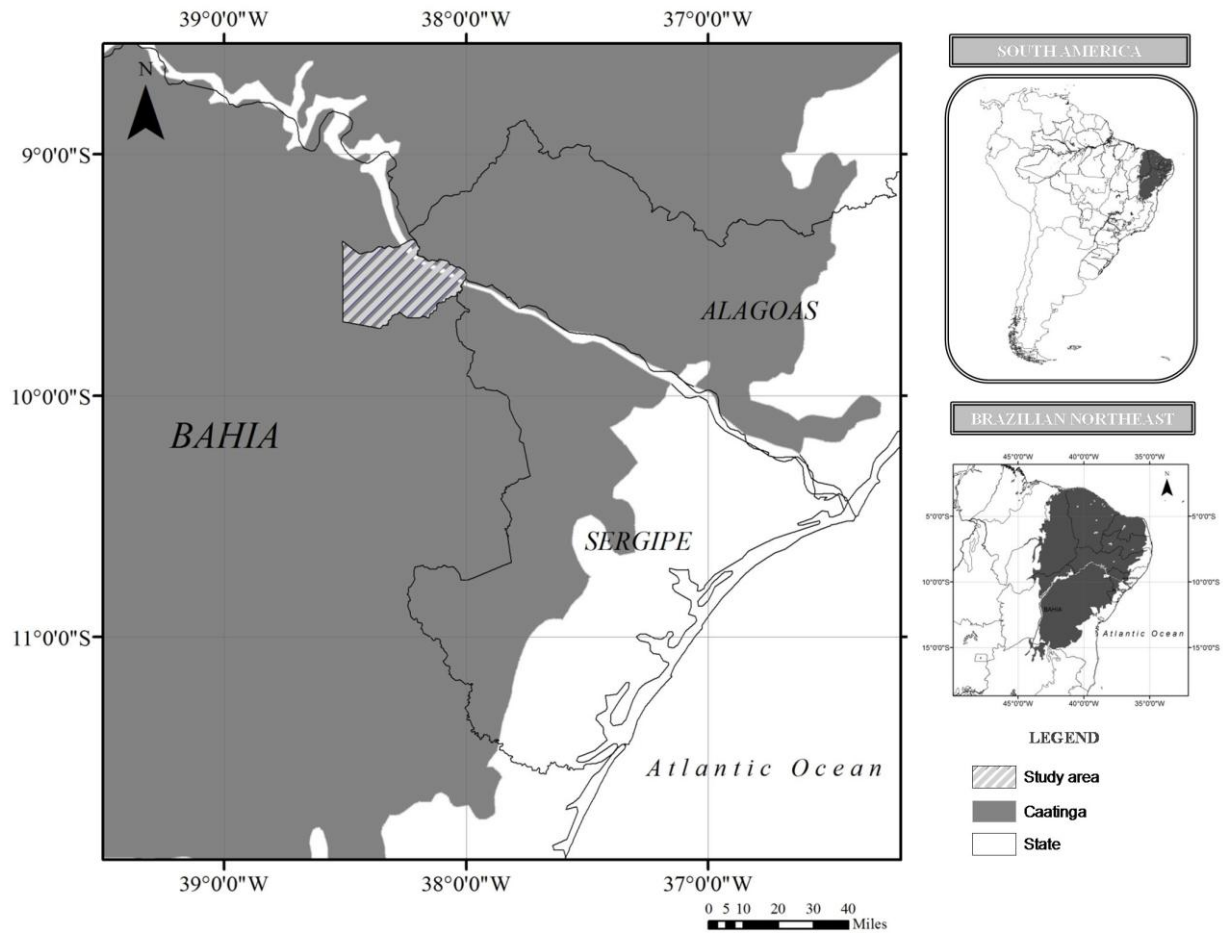
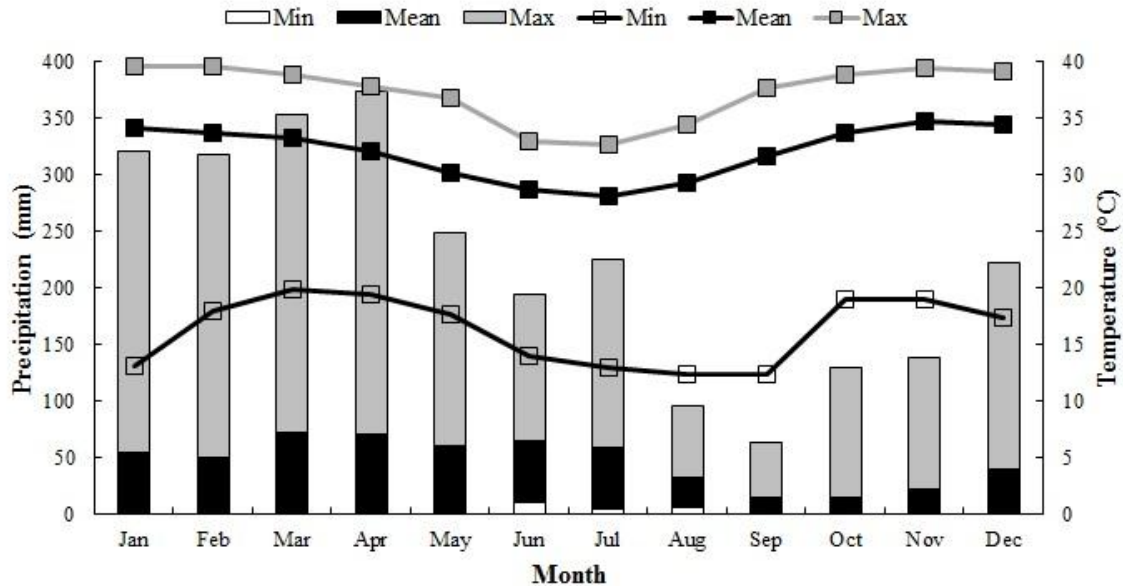


Fig. 2.2.2: Historical time series (1962-2015) of precipitation (bars) and temperatures (lines) for the study area. Source: INMET.



The soils of the study region are dominated by chromic luvisols, quartzite neosols, and haplic planosols (<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ba>). In general, the rivers of the Caatinga are intermittent and the soils are poor in organic matter with high levels of salts (Mendes, 1997). The area of the present study is also characterized by numerous rocky outcrops and substrates with a reduced capacity for the storage of rainwater. The low-lying native vegetation is formed by bushes and small trees adapted to the xerophytic conditions through characteristics such as micro- and deciduous leaves, and the presence of thorns, which are all typical of Caatinga plants (Prado, 2003).

Tree sampling and growth ring width measurements

A total of 40 live *P. juliflora* trees were selected randomly for the present study, with one or two radii being sampled per tree (total of 45 radii). The circumference at breast height (CBH), height of the stem to the first bifurcation, and the total height of each specimen were measured. The trunks of the study trees did not have any major imperfections or curves, but in some cases, the radial samples were collected below a height of 1.30 m due to the bifurcation of the stem (22 trees were collected below 0.5 m). The samples were obtained using an expansion auger coupled to a Stihl BT45 power drill. The samples were dried in the open air and their transversal surfaces

were polished with sandpaper of decreasing grit size (ISO8601: P80 to P600), following Orvis and Grissino-Mayer (2002). The growth rings were demarcated under a stereomicroscope and digitized in .tif format using a HP Deskjet F4100 scanner with a resolution of 1200 dpi. The width of the growth rings was measured in the pith-bark direction using the Image Pro-plus program (version 4.5.0.29), with a precision of 0.01 mm.

The radial measurements of the growth rings were cross-dated using the COFECHA program (Holmes, 1983) to identify false rings and eliminate other possible errors (Stokes and Smiley, 1996; Fritts, 1976). The ARSTAN program (Cook, 1985) was then used to standardize (de-trend) the series of growth rings and build the chronologies. For this, a cubic smoothing spline curve filtered with 50% cutoff was used for the removal of individual differences in growth patterns (Cook and Peters, 1981; Stahle et al., 1999).

Climate data

Meteorological data were obtained for the period between 1962 and 2015 for comparisons with the observed chronology of *P. juliflora*. These data were the compensated daily mean temperature (CMT), mean maximum temperature (MMaT), mean minimum temperature (MMiT), mean precipitation (MP), mean relative humidity (MRH), mean evaporation pitch (ME), mean insolation (MI), mean wind speed (MWS), which were adjusted monthly. These meteorological data were obtained from the site of the Brazilian National Meteorological Institute, INMET (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>). Most (80%) of the data analyzed in the present study were registered at the Paulo Afonso meteorological station (82986) in Bahia, 20 km from the study area. The data for the periods not available for this station (the remaining 20% of the total) were obtained from other nearby stations (82989, 82886, 82789, and 82983) after an analysis that confirmed a correlation of the parameters recorded at stations located within the same general area of the biome (Silva et al., 2012). The chronologies were also correlated with the indices of the Surface Temperature of the Atlantic Ocean (STA) obtained from the spatial coordinates between Equator-20S and 10E-30W (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/tsa.data>).

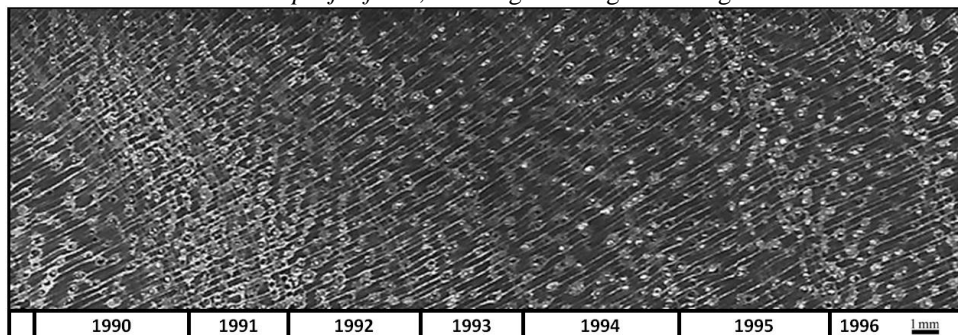
Data analysis

We used three different biological variables of *P. juliflora* (raw chronology; standard chronology and cumulative increase) to compare with climate data (CMT; MMaT; MMiT; MP; MRH; ME; MI; MWS). The normality of the biological and climatic variables was analyzed using the Shapiro-Wilk test. The variables were normally distributed, and the data were weighted and standardized for analysis to reduce the numerical differences among the variables to a minimum. These data were analyzed in a Principal Components Analysis (PCA), which was used to identify the climatic factors that most influenced plant growth. Based on the results of the PCA, Generalized Linear Models (GLM) were applied to the environmental and biological variables to identify the significant correlations between factors. The influence of the climatic variables on the growth rings of *P. juliflora* was also analyzed using the Pearson correlation coefficient (r) with 99% significance, run in RESPO software (Fritts, 1976; Blasing et al., 1984). The resulting correlations permitted the identification of the months in which precipitation was highly correlated with radial growth in *P. juliflora*. After that, a multiple linear regression was used to define the relative importance of each period in the raw chronology. The multiple linear regression was especially important for the estimation of the value of one period based on a set of other variables and permitted the identification of the period that has the greatest influence on the radial growth of *P. juliflora*. The statistical tests were run in the STATISTICA® 7 and PAST programs (Hammer et al., 2001).

RESULTS

In the Caatinga, the growth rings of *P. juliflora* were limited by lines of the marginal axial parenchyma, associated with a relative abundance of axial parenchyma in the late wood (Fig. 2.2.3). We did not observe false rings.

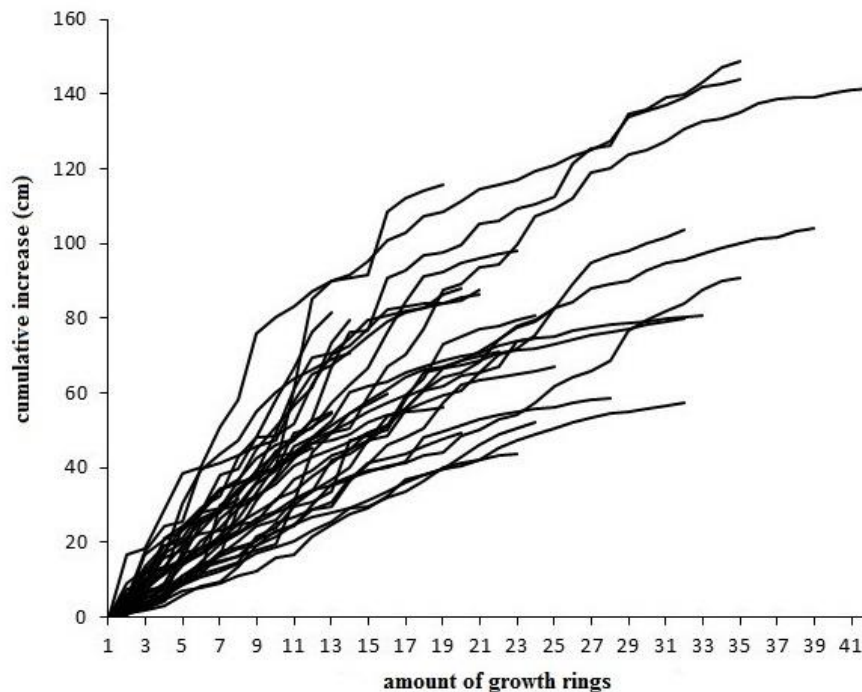
Fig. 2.2.3: Surface of the wood of *Prosopis juliflora*, showing annual growth rings from 1990 to 1996.



The mean trunk diameter was 66.6 ± 18.51 cm (range: 43–146 cm) and the mean height was estimated to be 6.6 ± 1.63 m (range: 4–12 m). The mean stem height was 0.9 ± 0.49 m (range: 0.2–1.7 m), and 22 individuals had stems shorter than average, with values of around 0.5 m.

The oldest tree was 41 years old, and the youngest two trees were 13 years old. Young trees, less than 24 years old, predominated (26 individuals), while 10 trees were more than 25 years old (Fig. 2.2.4). The sum of the measures of the growth rings rendered a mean growth rate of 3.71 mm per year (range: 0.21–24 mm per year). The growth rate began to stabilize once the trunk reached a radius of 80 mm (diameter of 16 cm), or 20–25 growth rings.

Fig. 2.2.4: Accumulated increment in *Prosopis juliflora* trunks from the estimated year of birth.



Following the crossdating, 36 radii were used to compile the final chronology of the growth rings between 1975 and 2015 (Fig. 2.2.5A-B). A total of 777 growth rings were measured, with an inter-series correlation of 0.531 among the samples, and a mean sensitivity of 0.615. Of the 777 growth rings that were used to determine the chronology, 105 (14%) measured less than 1.0 mm, while 75 (9.7%) ranged between 7.5 and 24.5 mm (more than twice the mean value). Irrespective of the live phase of the trees (juvenile or adult), these larger rings were observed more often in the younger wood, mostly in trees of 20–30 years of age. More than half (52%) of these rings were observed in years when downpours were recorded during periods

outside the normal rainy season. The majority of the repetitions of these wide rings were recorded between 1996 and 2014 (Tab. 2.2.1).

Fig. 2.2.5: (A) Radial measurements of the growth rings of *Prosopis juliflora* (gray lines) and the mean values (black line). (B) Standard chronology of *P. juliflora* and the number of samples that contributed to the chronology in each year (area).

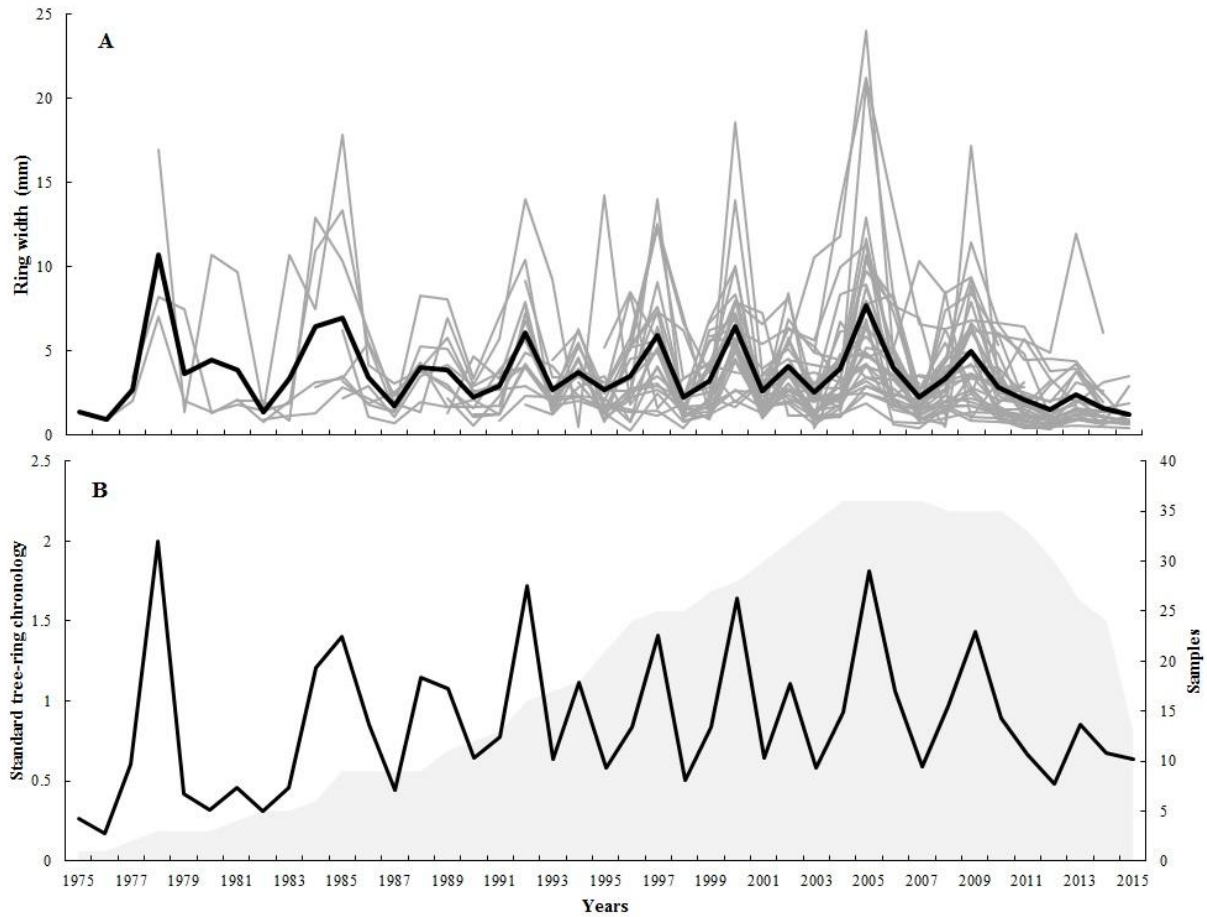


Table 2.2.1: Relationship between the occurrence of wider rings in 21 *P. juliflora* trees and years of downpour and above average rainfall in the period 1996-2014. T. annual (Total annual rainfall); T. period (Total rainfall during the rainy season – March to July); T out period (total rainfall from downpours – January to February of currently year); N samples (number of trees with wider than average rings in the same year). *Year of the highest/lowest rainfall and presence/absence of outliers.

Year	T annual	T period	T out period	N samples
1996	565	448	117	3
1997	678	447	231	6
1998	201	111	90	0
1999	444	135	309	1
2000	603	223	380	9
2001	363	241	122	1
2002	522	169	353	2
2003	307	115	192	1
2004	585	260	325	3
2005	822*	624*	198*	12*
2006	532	381	151	4
2007	477	291	186	1
2008	595	345	250	4
2009	653	470	183	6
2010	519	356	163	0
2011	332	213	119	0
2012	191*	80*	111*	0*
2013	396	195	201	1
2014	383	248	135	0

Note: the period of 1996-2014 is represented by the majority of the repetitions of wide rings.

The relationships between the biological and climatic variables are shown in Table 2.2.2. The raw chronology of *P. juliflora* correlated most significantly with the climatic variables, influenced positively by the MP and MRH, and negatively by the CMT and MI. The cumulative increase of the growth rings correlated significantly with the MMaT, MMiT and MI, and negatively and significantly with the ME. By contrast, the standard chronology presented the smallest number of significant correlations with the climatic variables, only correlating positively with the MP, and negatively with the CMT and MI.

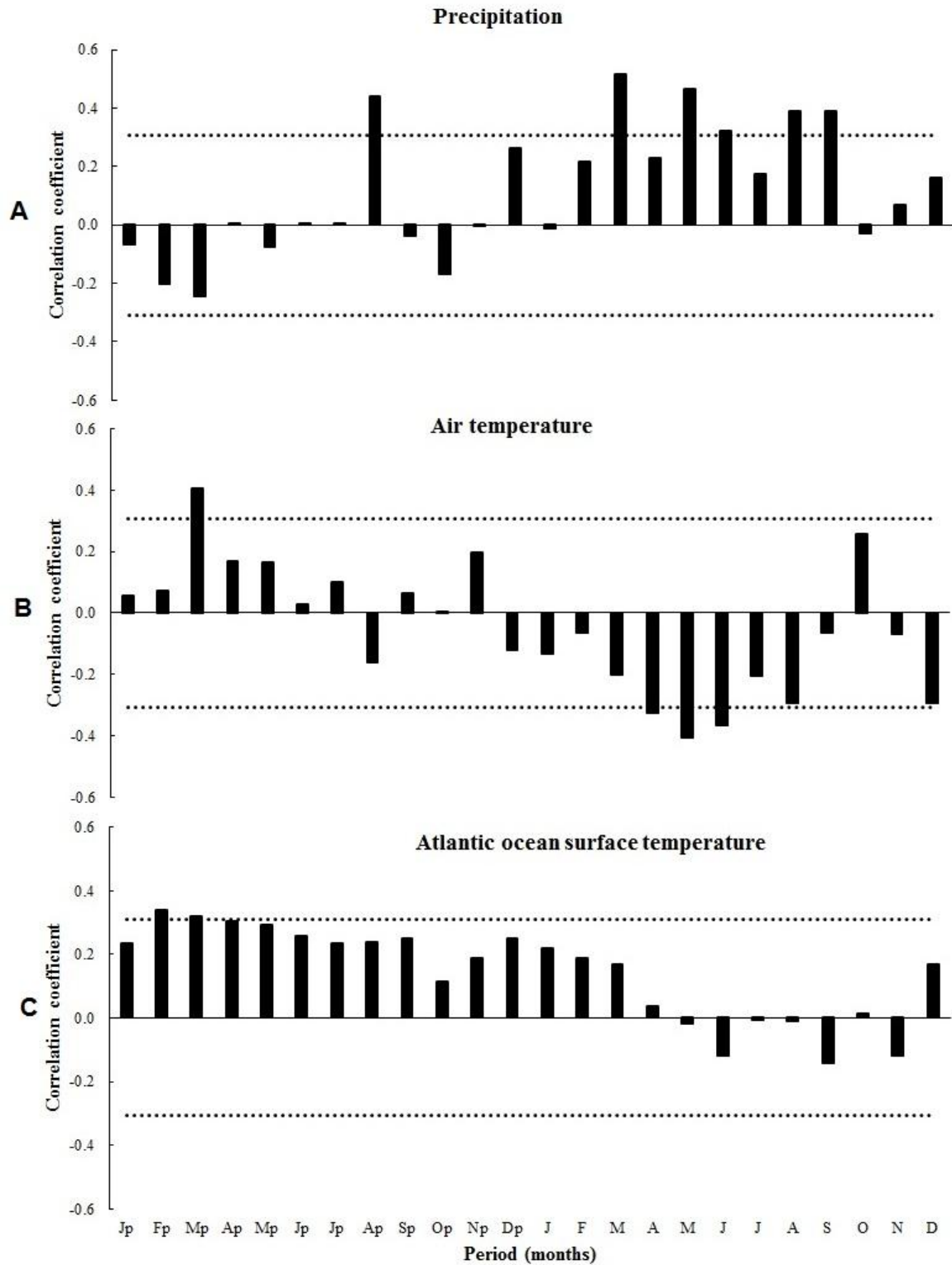
Table 2.2.2: Correlations in the GLM between the biological variables of *Prosopis juliflora* and climatic variables.

Variables	Raw chronology	Standard chronology	Cumulative increase
MP	0.61	0.64	-0.08
CMT	-0.41	-0.43	0.26
MI	-0.40	-0.37	0.33
MRH	0.30	0.29	-0.15
MMaT	-0.24	-0.14	0.51
MMiT	-0.01	0.09	0.47
ME	0.07	-0.15	-0.36
MWS	0.06	-0.09	0.16

Note: MP, mean precipitation; CMT, mean temperature; MI, mean insolation; MRH, mean relative humidity; MMaT, mean maximum temperature; MMiT, mean minimum temperature; ME, mean evaporation pitch; MWS, mean wind speed. Bold type for significant results, $p < 0.05$.

The Pearson correlation between the chronologies and the MP indicated that March, June, August and September of the current year provided the most favorable meteorological conditions for the formation of the growth rings in *P. juliflora*, with a relationship also being found with August of the preceding year (Fig. 2.2.6A). By contrast, the CMT presented a significant negative correlation with the months of April, May, and June of the current year (Fig. 2.2.6B). The STA values were also correlated with the growth of the plant in the months prior to the formation of the growth ring (Fig. 2.2.6C).

Fig. 2.2.6: Correlations between the standard chronology of *Prosopis juliflora* and environmental variables (A) cumulative mean precipitation, (B) average compensated temperature, and (C) temperature of the surface of the Atlantic Ocean. The dotted line is the significance level, and “p” indicates the preceding year.



Once the raw chronology was more sensitive to climatic variables and by the fact that it does not eliminate the biological growth trends, we used raw chronology in the multiple regression to identify the influence of rainfall periods on the tree-ring width. The result indicated that both periods (January–February and March–July) were significant (Tab. 2.2.3). Therefore, the historical mean precipitation of January–July period played a relevant role in the growth of the *P. juliflora*.

Table 2.2.3: Multiple regression analysis between the raw chronology (dependent variable) and the historical mean precipitation of January to February and March to July.

Variables	b	Standard error	β
Intercept	0.4567	0.5888	-
January-February	0.0048	0.0023	0.2740*
March-July	0.0071	0.0015	0.6011*

Note: * $p < 0.001$; $F = 11.110$; $R^2 = 0.60$; standard error of estimate = 1.41; $n = 41$. R^2 = coefficient of determination; b = regression coefficient; β = standardized coefficient.

DISCUSSION

The marginal parenchymal lines that delimit the growth rings in *P. juliflora* facilitated their identification, and the radial variation in the diameter of the vessels, associated with the axial parenchyma, permitted the confirmation of their width during demarcation and measurement. The characteristics of the growth rings in *Prosopis* trees vary considerably among and within species, and even between radii of the same tree (Giantomasi et al., 2009). However, the anatomical markers of the growth rings of *P. juliflora* are similar to those found in *P. flexuosa*, with a reduction in the mean diameter of the pores and abundant axial parenchyma in the vicinity of the late wood (Piraino and Roig, 2016). Moreover, no false rings were observed in *P. juliflora* and Giantomasi et al. (2015) also did not recorded false rings in their study with *P. flexuosa*.

It was possible to construct a chronology for *P. juliflora*, with a good degree of inter-series correlation (0.531), indicating the potential for the eventual expansion of the number of chronologies for the region, and the formulation of a future dendroecological network for *P. juliflora*. The genus *Prosopis* varies in the level of correlation among its growth ring series, which may reflect the considerable variability among species and populations, and the capacity of these plants to adapt to different environments and edaphic conditions (Villalba et al., 2000). The relatively reduced age of the trees (chronologies 40 years long) is consistent with the history of

the introduction of the species into the semiarid northeastern region of Brazil, as well as its exploitation for lumber for rural infrastructure, firewood, and animal feed. Nevertheless, the chronologies of this type provide an important reference for the understanding of the region's climate dynamics, once there is a paucity of climatological data for the systematic analysis of the dendrochronology of South American tree species (López and Villalba, 2016).

The Caatinga is a semiarid region with a history of major droughts and its trees would be expected to suffer years of restricted growth. However, the genus *Prosopis* has ecological adaptations that favor its occurrence, and predominance, in arid and semiarid regions, given its capacity to tolerate arid conditions (Fagg and Stewart, 1994; Giantomasi et al., 2009). These characteristics were reinforced by the correlation between the chronology and climatic variables (Tab. 2.2.2) which reflect the influence of the region's precipitation on the growth of the plants. The rainy season (March–July) provided the conditions necessary for the cambial activity, which appears to persist until September, even with the onset of the dry season (Fig. 2.2.6A). These results appear to be similar to those of Borchert et al. (2002), who observed that some deciduous plants tolerant of hydrological stress found in dry forests are able to accumulate reserves, even after periods of reduced rainfall.

Similarly, in the years when the high levels of precipitation were recorded outside the typical rainy season months (downpours between January and February of the current year), also supports growth. According to Nobre (2012), long periods of drought and torrential downpours between December and March are typical of the climate of the semiarid zone of the Brazilian Northeast. In this context, one important point of reference produced by the present study is the presence of the broad rings, especially in the juvenile wood, which may correspond to the irregular distribution of the unseasonal downpours recorded in the region (Tab. 2.2.3). In other words, the chronology of *P. juliflora* presented many wide rings which appear to be a response of the plants to the combined volume of rainfall of the unseasonal downpours and the normal rainy season (Tab. 2.2.1 and 2.2.3). This indicates a degree of adaptation and a rapid response in the development of the xylem, which may reflect the capacity of *P. juliflora* for the occupation of the Caatinga. A similar response to pulses of precipitation has been observed in the cambial phenology of *P. flexuosa* (Giantomasi et al., 2015) and in native Caatinga plants as *Poncianella pyramidalis* (Pagotto et al., 2015) and *Mimosa tenuiflora* (Mattos et al., 2015), being these plants able to identify themselves as opportunistic to discreet events of rain.

Comparing the tree-growth chronology of *P. juliflora* with air temperature (Fig. 2.2.6B), growth was affected negatively by this variable in April, May and June of the current year. This indicates that air temperature, despite being a relatively constant throughout the year in the Caatinga region, reflects a negative incidence to *P. juliflora* growth at the rainiest months. This result can be also observed for other Caatinga trees species, as *Poincianella pyramidalis* (Pagotto et al., 2015) and others dry areas, such as mid-western Argentina, where the high ambient temperatures reduce the availability of groundwater significantly, provoking a negative growth response (Roig and Villalba, 2008). In *P. flexuosa* of the Monte biome of Argentina, cambial activity occurs during the rainy season, but mainly restricted to two stages: one at the beginning of spring-summer, where water in soils is accumulated from rainfall during previous months and another towards the end of the cycle of growth, when there is a reduction in evapotranspiration rates and temperatures, favoring, therefore, a reactivation in the rate of division of the cambial cells (Giantomasi et al., 2009).

The association of the chronology of *P. juliflora* with the STA (Fig. 2.2.6C) indicates a significant positive response of the growth rings to the STA in February and March of the preceding year. A similar situation has been recorded in Caatinga trees. Pagotto et al. (2015) showed that, west the Brazilian coast, the sea surface temperatures recorded during the preceding year is a large-scale factor that influenced the subsequent formation of growth rings in *Poincianella pyramidalis*. The authors indicate that the occurrence of large-scale climatic phenomena affects the climate at the Caatinga region and hence, the tree growth. Our results show that this pattern is also seen in the study area for alien Caatinga trees, as *P. juliflora*.

The three biological variables of *P. juliflora* (raw chronology, standard chronology and cumulative increment) presented different responses to climatic conditions (Tab. 2.2.2). The raw and standard chronologies reflected the importance of the rainy season (March-July) for the activation of the cambium and the growth of the trees, while CMT and MI influenced this process, but negatively. However, the MRH also showed a relevant role in the raw chronology. This chronology does not eliminate the biological tendency of growth, which reflects the significant correlation of other variables associated with the rain (Tab. 2.2.3).

Silva et al. (2012) analyzed the climatic data of Brazilian Northeast semiarid regions and noted a relationship between a reduced number of days with rainfall (less than 50 days per annum) in the rainy period (May-July) and the high coefficients of variation in the precipitation

and in the number of days with rainfall. In some years, there are only 12 rainy days, with coefficients of variation of between 140%-300% for precipitation, and 120–280% for the number of rainy days. This variation is related to the occurrence of torrential downpours during the dry season, resulting in large standard deviations (up to 80%). The correlation between the raw chronology and the rainy periods (Table 2.2.3) are in agreement with the instrumental meteorological analyzes of Silva et al. (2012), once the wide rings are responses to downpours (January-February) of the study area (Table 2.2.1).

It is interesting to note that the cumulative increment of the growth rings did not follow the same tendencies, presenting a positive relationship with the temperature values and MI, MMaT, MMiT, probably due to the replication of the outliers found in so many different individuals of *P. juliflora*. The increments recorded in *P. juliflora* were closely related to the annual climatic conditions of the study region, constituting a significant response. The mean annual increment (3.71 mm) and the large proportion of outliers (52%) indicate that the species is favored by the local climatic conditions, including both the regular rainy season, and the occurrence of downpours, which are related directly to its growth patterns, and its role as an invader species of the Caatinga.

In the Caatinga study region, the population of *P. juliflora* had a mean stem height of 0.9 ± 0.49 m (range: 0.2–1.7 m), and half (22) of the individuals sampled had stems of approximately 0.5 m of fork, indicating that the timber is exploited by coppicing by local landowners. The analysis of the annual increment of the trunks indicated that the stems are cut when they reach a diameter of 8–24 cm, the equivalent of 14 to 25 years of age, based on the chronology obtained in the present study. This provides important insights into the practices of local landowners, and the need for the development of management techniques. As no management practices are currently in place, *P. juliflora* is expanding through the region without any regulation, through the uncontrolled dispersal of seeds, a characteristic of invader plants. The periodic coppicing sustains the productivity of the trees through the growth of shoots, indicating the forestry potential of the species, which is typical of this genus in forests where it is predominant (Alvarez et al., 2013).

The radial increment of *P. juliflora* varied considerably between the juveniles and adults of the study population, indicating a tendency for greater increments in the young wood, with a tendency for growth to stabilize at around 15–20 years of age (Fig. 2.2.4). These findings are

consistent with those of Alvarez et al. (2011), who observed a mean increment of 0.81 mm (range: 0.27–1.04 mm) in *Prosopis* trees of 16–18 years of age over a 42-year period. These authors also observed a decline in growth in *Prosopis* at around 20 years, prior to the death of its shoots when controlled by coppicing. This typical growth pattern in *Prosopis* may reflect its capacity to adapt its rate of photosynthesis to different growing conditions, as shown by Fisher (1986), who concluded that the shooting pattern defined during the tree's juvenile phases have a direct effect on its capacity for photosynthesis. The growth patterns observed in *Prosopis* means that its populations play a fundamental role in the organization and functioning of the ecosystems in which they are found (Piraino and Roig, 2016).

CONCLUSIONS

Northeastern Brazil is the region of the country most vulnerable to climate change due to its hydrological deficit, poor soils, and lack of perennial rivers, which are subject to phytogeographic modifications, and economic and social practices, enhanced by the presence of invasive species, whose populations lack any effective control or management. The chronology of *P. juliflora* recorded in this region provides important new insights into the ecology of this species, its growth patterns, and productivity, as well as their potential response to climate change. The results of this study also emphasized the importance of testing a set of climatic variables to determine the most important factor contributing to the formation of growth rings in Caatinga trees, as well as the contribution of other variables to the growth of the plants. Overall, these findings emphasize the need for the establishment of programs of sustainable management practices to control the invasion of *Prosopis* in the Caatinga. The findings of the present study will contribute to the development of effective guidelines for the decision-making processes that will define and implement these management practices.

Acknowledgements

This research was conducted in the Development and Environment Program at the Federal University of Sergipe (PRODEMA/UFS). We are especially grateful to the Federal Institute of Sergipe, São Cristóvão (IFS) and to the research team of the Plant Anatomy and Dendrochronology Laboratory at UFS.

REFERENCES

- ALVAREZ, J. A.; VILLAGRA, P. E.; VILLALBA, R. Factors controlling deadwood availability and branch decay in two *Prosopis* woodlands in the Central Monte, Argentina. **Forest Ecology and Management**, n. 262, p. 637-645. 2011.
- ALVAREZ, J. A.; VILLAGRA, P. E.; VILLALBA, R.; DEBANDI, G. Effects of the pruning intensity and tree size on multi-stemmed *Prosopis flexuosa* trees in the Central Monte, Argentina. **Forest Ecology and Management**, n. 310, p. 857-864. 2013.
- ANHOLETTO JÚNIOR., C. R. **Dendroecologia e composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) dos anéis de crescimento de árvores de *Cedrela odorata*, Meliaceae, na Caatinga e Mata Atlântica do Estado de Sergipe, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Esalq-USP, Piracicaba. 91p. 2011.
- AZEVEDO, G.F. Como e porque a algarobeira foi introduzida no Nordeste. In: FONSECA, F. C. E.; MOTA, A. P. B.; AZÊVEDO, C. F.; TRINDADE, I.; CRUZ, J. F.; BRITO, R. A. L. (eds.). **Simpósio Brasileiro sobre Algaroba 1**. Natal, EMPARN, p. 300-306. 1982.
- BLASING, T. J.; SOLOMON, A. M.; DUVICK, D. N. Response function revisited. **Tree- Ring Bulletin**, n. 44, p. 1-15. 1984
- BORCHERT, R.; RIVERA, G.; HAGNAUER, W. Modification of vegetative phenology in a tropical semi-deciduous forest by abnormal drought and rain. **Biotropica**, n. 34, p. 27-39. 2002.
- COOK, E. R.; PETERS, K. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. **Tree-Ring Bulletin**, n. 41, p. 45-53. 1981.
- COOK, E. R. **A time series analysis approach to tree-ring standardization**. Dissertation. University of Arizona. Tucson, AZ. 1985.
- FAGG, C.W.; STEWART, J. L. The value of *Acacia* and *Prosopis* in arid and semi-arid environments. **Journal of Arid Environment**, n. 27, p. 3-25. 1994.
- FICHTLER, E.; TROUET, V.; COPPIN, H. B.P.; WORBES, M. Climatic signals in treerings of *Burkea africana* and *Pterocarpus angolensis* from semiarid forests in Namibia. **Trees, Structure and Function**, n. 18, p. 442-451. 2004.
- FISHER, J. B. Branching patterns and angles in trees. In: GIVNISH, T. J. (Ed.). **On the Economy of Plant Form and Function**. Cambridge University Press, Cambridge, 717p. 1986.
- FRITTS, H. C. **Tree Rings and Climate**. Academic Press, London, United Kingdom. 1976.
- Giantomasi, M. A.; Roig, F. A.; Villagra, P. E.; Srur, A. Annual variation and influence of climate on the ring width and wood hydrosystem of *Prosopis flexuosa* DC. trees using image analysis. **Trees**, n. 23, p. 117-126. 2009.

GIANTOMASI, M. A.; ALVAREZ, J. A.; VILLAGRA, P. E.; DEBANDI, G.; ROIG, F. A. Pruning effects on ring width and wood hydrosystem of *Prosopis flexuosa* DC from arid woodlands. **Dendrochronologia**, n. 35, p. 71-79. 2015.

GOMES, P. **A algarobeira**. Ministério da Agricultura, Serviço de Informação Agrícola. Serie SIA. 1961.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RYAN, P. D. PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis. *Palaeontologia Electronica* 4 (1), 9. Disponível em http://palaeo-electronica.org/2001_1/past/issue1_01.htm. 2001.

HOLMES, R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-Ring Bulletin**, n. 43, p. 69-78. 1983.

KARLIN, U.; DIAZ, R. **Potencialidad y manejo de algarrobos em el arido subtropical argentino**. Programa Nacional de Recursos Naturales Renovables, SECYT. 1984.

KNÜSEL, S.; CONEDERA, M.; RIGLING, A.; FONTI, P.; WUNDER, J. A tree-ring perspective on the invasion of *Ailanthus altissima* in protection forests. **Forest Ecology and Management**, n. 354, p. 334-343. 2015.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. 1948.

LINS AND SILVA, A. C. B. **Characteristics of *Prosopis juliflora* invasion of semi-arid habitats in Northeast Brazil**. Dissertation, University of Durham, Durham. 1997.

LOCKWOOD, J. L.; HOOPES, M. F.; MARCHETTI, M. P. **Invasion ecology**. Malden: Blackwell Publishing. 2007

LÓPEZ, L.; VILLALBA, R. An assessment of *Schinopsis brasiliensis* Engler (Anacardiaceae) for dendroclimatological applications in the tropical Cerrado and Chaco forests, Bolivia. **Dendrochronologia**, n. 40, p. 85-92 2016..

MATTOS, P. P.; BRAZ, E. M.; DOMENE, V. D.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GASSON, P.; PAREYN, F. G. C.; ALVAREZ, I. A.; BARACAT, A.; ARAÚJO, E. L. Climate-tree growth relationships of *Mimosa tenuiflora* in seasonally dry tropical forest, Brazil. **Cerne**, n. 21, p. 141-149. 2015.

MENDES, B.V. **Biodiversidade e desenvolvimento sustentável do semi-árido**. Fortaleza: SEMACE. 1997.

NOBRE, P. As origens das águas no Nordeste. In: **Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Brasil). A questão da água no nordeste**. Agência Nacional de Águas, Brasília, p. 31-43. 2012.

NOGUEIRA JÚNIOR, F. C. **Estrutura e composição de uma vegetação ripária, relações dendrocronológicas e climáticas na Serra dos Macacos em Tobias Barreto, Sergipe-Brasil.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe - UFS. 171p. 2011.

OLIVEIRA, M. R.; CHIAVONE-FILHO, O.; RODRIGUES, J. M. E.; MEDEIROS, J. T. N. Estudo das condições de cultivo da Algaroba e Jurema Preta e determinação do poder calorífico. **Ciência e Tecnologia**, n. 7, p. 93-104. 1999.

ORVIS, K. H., GRISSINO-MAYER, H. D. Standardizing the reporting of abrasive papers used to surfsasse tree-rings samples. **Tree-Ring Research**, n. 58, p. 47-50. 2002.

PAGOTTO, M. A.; ROIG, F. A.; RIBEIRO, A. S.; LISI, C. S. Influence of regional rainfall and Atlantic sea surface temperature on tree-ring growth of *Poincianella pyramidalis*, semiarid forest from Brazil. **Dendrochronologia**, n. 35, p. 14-23. 2015.

PALLARDY, S. G.; KOZLOWSKI, T. T. **Physiology of Woody Plants**. Amsterdam; Boston: Elsevier. 2008.

PEGADO, C. M. A.; ANDRADE, L. A.; FÉLIX, L. P.; PEREIRA, M. P. Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta Botanica Brasilica**, n. 20, p. 887-898. 2006.

PIRAINO, S.; ROIG, F. A. Assessing the sensitivity of riparian algarrobo dulce (*Prosopis flexuosa* DC) radial growth to hydrological changes. **Geochronometria**, n. 43, p. 1-8. 2016.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. (orgs). **Ecologia e Conservação da Caatinga**. Recife: Editora Universitária da Universidade Federal de Pernambuco, p. 3-74. 2003.

RIZZINI, C. T.; COIMBRA-FILHO, A. F.; HOUAISS, A. **Ecossistemas brasileiros**. Enge-Rio, Index Editora. 1988.

ROIG, F.A. **Informe nacional para seleccion de germoplasma en especies de *Prosopis* en la República Argentina, Mendoza, Argentina**: IADIZA. 1993.

ROIG, F.A.; VILLALBA, R. Understanding Climate from Patagonian Tree Rings. In: RABASSA, J. (Ed.). **Developments in Quaternary**. Science Series. The Netherlands, Elsevier, Amsterdam, p. 411-435. 2008.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do Bioma Caatinga - características e potencialidades. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y., (Eds.). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, p. 27-96. 2010.

- SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 27, p. 163-172. 2012.
- STAHL, D. W.; MUSHOVE, P. T.; CLEAVELAND, M. K.; ROIG, F.; HAYNES, G. A. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, n. 124, p. 217-229. 1999.
- STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Tree-Ring Dating**. The University of Arizona Press, Arizona. 1996.
- TRAVEST, A.; RICHARDSON, D. M. Biological invasions as disruptors of plant reproductive mutualisms. **Trends in Ecology and Evolution**, n. 21, p. 208-216. 2006.
- TSUCHIYA, A. Preliminary study on the relationship between vessel growth of thorny shrubs and water balance in the semi-arid region, northeastern Brazil. **Geographical Sciences**, n. 50, p. 123-131. 1995.
- VILLALBA, R.; BONINSEGNA, J. A. Dendrochronological studies on *Prosopis flexuosa* D.C. **IAWA Bulletin**, n. 10, p. 155-160. 1989.
- VILLALBA, R.; VILLAGRA, P. E.; BONINSEGNA, J. A.; MORALES, M. S.; MOYANO, V. Dendroecología y dendroclimatología con especies del género *Prosopis*. **Multequina**, n. 9, p. 1-18. 2000.
- WORBES, M. How to measure growth dynamics in tropical trees - a review. **IAWA Journal**, n. 16, p. 337-351. 1995.
- ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, n. 34, p. 431-446. 2011.

2.3 Response of *Schinopsis brasiliensis* to climate drivers in the dry forests of northeastern Brazil

Autores

Francisco de Carvalho Nogueira Júnior¹

Mariana Alves Pagotto²

Fidel Alejandro Roig³

Claudio Sergio Lisi⁴

Adauto Ribeiro⁴

¹Laboratório de Ecologia e Dendrologia do Instituto Federal de Sergipe, Rodovia BR-101, Km 96, povoado Quissamã, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

²Laboratório de Anatomia Vegetal e Dendrocronologia, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon s/n, Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

³Laboratorio de Dendrocronología e Historia Ambiental, IANIGLA, CCT-CONICET-Mendoza, Avda. Ruiz Leal s/n, CC 330, PO Box 5500, Mendoza, Argentina.

⁴Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon s/n, Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

Autor correspondente

Nome: Francisco Nogueira Júnior; Endereço: Rua Napoleão Teles de Oliveira, n. 35, Luzia, Aracaju, Sergipe, Brazil, 49048-309; Tel: +5579998691803; +557932170886; E-mail: fjbiologia@gmail.com

Abstract

The Brazilian Northeast is a region of low rainfall and high temperatures and evaporation. The Surface Temperature of the Atlantic Ocean (STA) modulates the rains in the Northeast in association with El Niño and La Niña (ENSO) events. The tree species that grow in this region, forming the tropical Caatinga dry forests, have evolved a number of different adaptive responses to the local climatic conditions. The present study investigated the influence of climatic events on the secondary growth of a typical Caatinga tree species. The analysis was based on 39 samples of

Schinopsis brasiliensis, from which we derived a chronology of tree ring growth for the period between 1963 and 2015, with an inter-correlation of 0.560, mean sensitivity of 0.530, and mean growth rate of 3.33 mm per year. The comparison between the chronology and climatic variables indicated that the growth of this species is related directly to the rainy season, which coincides with the austral autumn/winter, in addition to peaks in humidity, associated with isolated downpours occurring during the summer. The chronology revealed an inverse relationship with air temperature, insolation, and evaporation. The responses of the inter-correlation among the ENSO events, STA, and precipitation were negative, while those between ENSO events and temperature were positive. The growth of *S. brasiliensis* is associated with the climatic anomalies of the region, in particular the summer downpours, with the cambial shutdown and subsequent leaf-fall occurring during the dry season, while the plant is predisposed for potential growth spurts during the intermittent summer rains that may occur from December onwards.

Keywords

Tropical dendro-ecology; *Schinopsis brasiliensis*; ENSO and STA; Dry forest; Caatinga.

INTRODUCTION

Northeastern Brazil (herein, the Northeast) is a semi-arid region characterized by low rainfall levels, high temperatures, and high evaporation rates, subject to extreme events, such as severe droughts and torrential downpours (Cavalcanti et al. 2006). The principal mechanism that determines rainfall patterns in the Northeast is the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), which is modulated by the Sea Surface Temperature (SST) of the equatorial Atlantic Ocean (Roucou et al. 1996). In this context, when the North Atlantic is cooler than the South Atlantic (negative dipole), the ITCZ shifts to its southern position, favoring the occurrence of seasonal rains in the Northeast. When there is a positive dipole, i.e., the waters of the South Atlantic are cooler than those of the North Atlantic, the ITCZ shifts northward, inhibiting the formation of clouds over the Northeast and reducing rainfall rates (Nobrega and Santiago, 2014). Hastenrath and Heller (1977), Moura and Shukla (1981) and Silva (2004) were the first studies to identify the relationship between the precipitation in the Northeast and the anomalies of the SST in the tropical Atlantic.

One other climatic phenomenon associated with SST anomalies – in this case, in the equatorial Pacific – is the El Niño-Southern Oscillation (ENSO), which also influences

precipitation patterns in the Northeast. In years with a weak to moderate ENSO, associated with a negative Atlantic dipole, the rainy season tends to be normal. However, when an ENSO is associated with a positive Atlantic dipole or when the ENSO is very intense, the rains of the Northeast tend to be below average. During the cool ENSO phase, known as La Niña, conditions in the equatorial Pacific favor an increase in precipitation levels in the Northeast (Nobrega and Santiago, 2014).

While precipitation levels fluctuate considerably, air temperatures in the Northeast vary only discreetly. The Northeast is located between 1° and 18° of latitude South, and between 34° and 48° West (Lucena and Steinke, 2015), a region affected by direct sunlight throughout the year. The high and constant temperatures of the Northeast are the result of the interaction between solar energy and the earth's surface. The Northeast is dominated by coastal plains, plateaus, and depressions, with altitudes of up to 600 m, a fact that contribute to a degree of variation in ambient temperatures. The climate of the Northeast is also influenced by continental effects, due to the considerable distances that separate much of the interior from the coast. Large bodies of water, such as the oceans, are able to store more heat than the continent, and the further inland, the greater the annual amplitude in temperature.

As the SST anomalies of the equatorial Pacific and Atlantic oceans influence rainfall patterns in the Northeast and the temperature affects the metabolic and physiological processes of the region's living organisms, it is important to understand how the region's plants react to these phenomena. The tree species found in semi-arid tropical forests typically present a range of adaptive response to the variation in climatic conditions (Aroca, 2012). The formation of growth rings in the secondary xylem of these plants is just one of these responses (Schweingruber, 1996), and a significant increase in the radial width of the tree may occur in the context of extreme climatic events (Lopez et al. 2006).

The Brazil Caatinga is a tropical dry forest endemic to the Northeast, where the availability of groundwater and rainfall are both scarce and heterogeneously distributed (Prado and Gibbs, 1993; Prado, 2005; Silva, 2012). Many of the tree species found in these forests form growth rings, whose width is closely related to climatic conditions on regional and global scales (Nogueira Jr, 2011; Anholeto Jr, 2013; Pagotto, 2015; Pagotto et al. 2015). One species of interest to dendroecological research is the braúna, *Schinopsis brasiliensis* Engl. (Anacardiaceae), which is endemic to the Caatinga and Cerrado biomes of Brazil (Silva-Luz and Pirani, 2015).

Cardoso (2014) analyzed growth rings in *S. brasiliensis* from the Caatinga of the Brazilian state of Sergipe, and obtained an expanded chronology, based on the examination of lumber used in rural construction, which correlated with regional precipitation levels and the Surface Temperature of the South Atlantic (STA). Lopez and Villalba (2016) emphasized the value of *S. brasiliensis* for the understanding of the climate dynamics of South America.

The present study investigated the influence of local climate parameters (temperature, precipitation, wind speed, insolation, evaporation, and humidity) associated with global phenomena (ENSO and STA) on the growth of *S. brasiliensis* in the Brazilian semi-arid zone. The study tested the hypothesis that the secondary growth of *S. brasiliensis* responds to the climatic variation in the Caatinga, with precipitation being the principal factor determining growth, and high temperatures, the principal limiting factor.

MATERIAL AND METHODS

Study area

The present study focused on remnants of Caatinga habitat in the municipality of Paulo Afonso, (09°30'50.37" S, 38°09'22.15" W) in the state of Bahia, Brazil (Fig. 2.3.1). The climate of this region is semi-arid, dry and hot, typical of the *Bsh* category in the Köppen (1948) classification. Local temperatures vary from a historical minimum of 16.99°C, recorded in July 1974, and a maximum of 36.71°C, recorded in February 1998, with an overall mean of 30.3°C. Mean annual precipitation is 460.3 mm, with a maximum of 852.1 mm being recorded in 1966, and a minimum of 178.0 mm, registered in 1982.

Rainfall is highly seasonal, with a rainy season between March and July, corresponding to the austral autumn and winter, and a dry season in the spring-summer, between August and February (Fig. 2.3.2). Torrential downpours may occur sporadically in December (dec yr-1) and January–February, i.e., jan-feb (EMBRAPA: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/103956/1/BPD-211-Climatologia-Alagoas.pdf>; INMET: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>).

Figure 2.3.1. A set of maps showing the location of the Caatinga biome in the Brazilian Northeast (yellow area). The red area in the more detailed map is the municipality of Paulo Afonso in Bahia, Brazil.

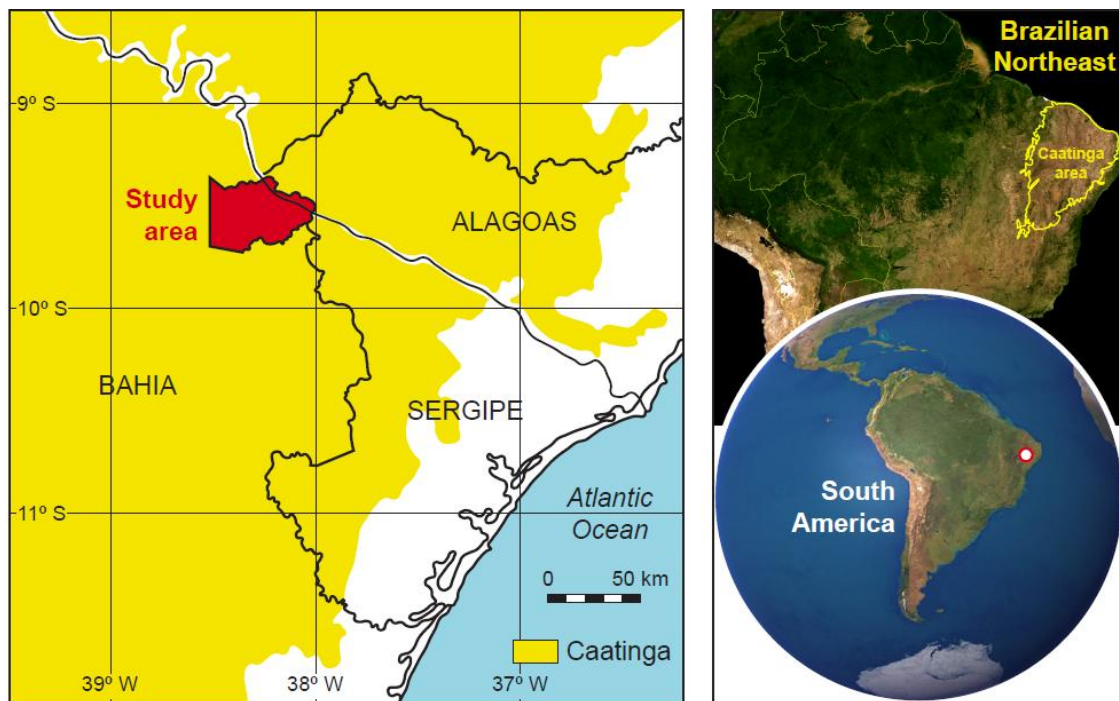
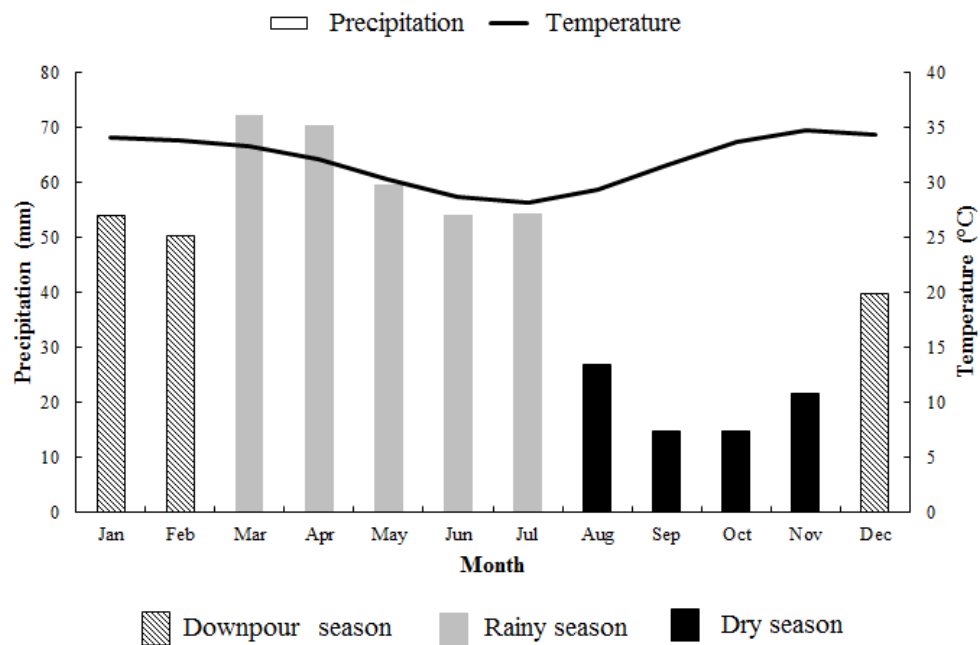


Figure 2.3.2. The climate diagram (period 1962-2015) of the study area. The bar and line represent precipitation and temperature, respectively. Source: INMET.



The region's soils are predominantly chromic luvisols, quartzic neosols, and haplic planosols, which all have a reduced capacity for the retention of water (EMBRAPA, 2016). The local vegetation in the study area is hyper-xerophilous, typical of the Caatinga biome, which covers a more or less continuous area with a hot and semi-arid climate, characterized by plant species adapted for an arid climate, including deciduous and annual herbaceous plants, succulents, aculeate and spiny plants, with a predominance of shrubs and small trees and discontinuous canopy (http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/18267/1/Biodiversidade_Caatinga_parte2.pdf).

Tree sampling and tree-ring measurements

A total of 52 radii (at breast height, i.e., 1.30 m) were sampled randomly from 40 live *S. brasiliensis* trees with no major twists or other imperfections in their trunks, using a hollow drill bit (hole saw) attached to a Stihl BT45 drill. The samples were dried at ambient temperature, and then sanded with paper of increasingly finer grit sizes (ISO86: P80–P600; Orvis and Grissino-Mayer, 2002). The growth rings were demarcated under a stereomicroscope and digitalized in the .tif format using a scanner (HP Deskjet F4100) with a resolution in 1200 dpi. The radial width of the growth rings was measured in the medulla–bark direction using Image Pro-plus (version 4.5.0.29), with a precision of 0.01 mm.

The radial measures of the growth rings were cross-dated (Stokes and Smiley, 1996; Fritts, 1976) in the COFECHA program (Holmes, 1983), and then detrended in ARSTAN (Cook, 1985) for the standardization of the series and the construction of the chronology. Linear regressions and a spline curve (cubic smoothing spline 50% cutoff for filtering) were applied to minimize the differences inherent to each individual (Cook and Peters 1981; Stahle et al. 1999).

Climate data

Mean monthly climate parameters were extracted from the daily meteorological data for the period between 1962 and 2015 available on the site of the Brazilian National Meteorological Institute (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>). Most (80%) of the data were obtained from meteorological station 82986-Paulo Afonso, Bahia, which is 20 km from the study area. The missing 20% of records were obtained from adjacent meteorological stations

following an analysis of the correlation among sites, which should be significant taking their proximity and occasional climatic variation (Silva et al. 2012).

The following parameters were used to characterize the local climate: mean precipitation (MP), mean compensated temperature (MCT), mean maximum temperature (MMaT), mean minimum temperature (MMiT), mean relative humidity (MRH), mean evaporation (ME), mean insolation (MI), and mean wind speed (MWS). Global climatic variables were also incorporated into the analyses through the index of the surface temperature of the Atlantic Ocean (STA) obtained for the area between the coordinates Equator-20S and 10E-30W (<http://www.esrl.noaa.gov/psd/data/correlation/tsa.data>), as well as the extreme El Niño and La Niña events, obtained from the historical series available on the site <http://ggweather.com/enso/oni.htm>.

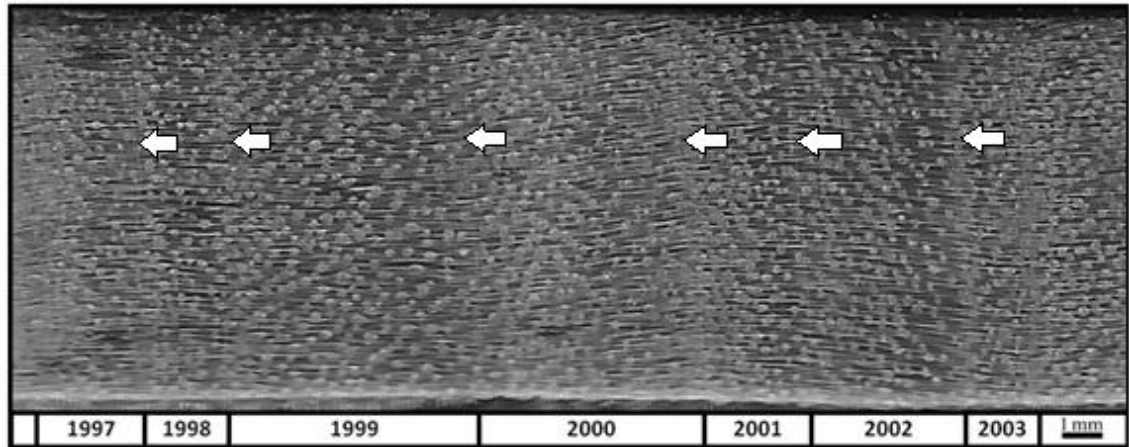
Data analysis

All the climate data were evaluated for normality using the Shapiro-Wilk test. The data were standardized for the statistical analysis to minimize the differences in the numerical values among the different variables. The climatic data were run through a Principal Components Analysis (PCA) for later identification of the variables that most influenced plant growth. The local climate variables and the chronology were then analyzed using generalized linear models (GLMs) to identify the significant correlations. The influence of the MP, MCT and STA on the chronology was analyzed using Pearson's correlation coefficient (r), run in RESPO. Finally, the El Niño and La Niña indices were correlated with the MP and CMT values to assess the influence of these events on local climatic variables. All the statistical tests were run in STATISTICA[®] 7 and PAST (Hammer et al., 2001).

RESULTS

Schinopsis brasiliensis has growth rings that are visible to the naked eye, delimited by a fine and continuous marginal axial parenchyma associated with the thickening of the fiber walls, which, as a whole, is identified in the latewood zone of the ring (Fig. 2.3.3). The marginal parenchyma is most visible in the sapwood, which is lighter in color than the heartwood. No false or missing growth rings were observed in the samples analyzed.

Figure 2.3.3. Transversal surface of the *Schinopsis brasiliensis* wood, showing distinct annual growth rings outlined by a fine marginal parenchymal band (arrows).



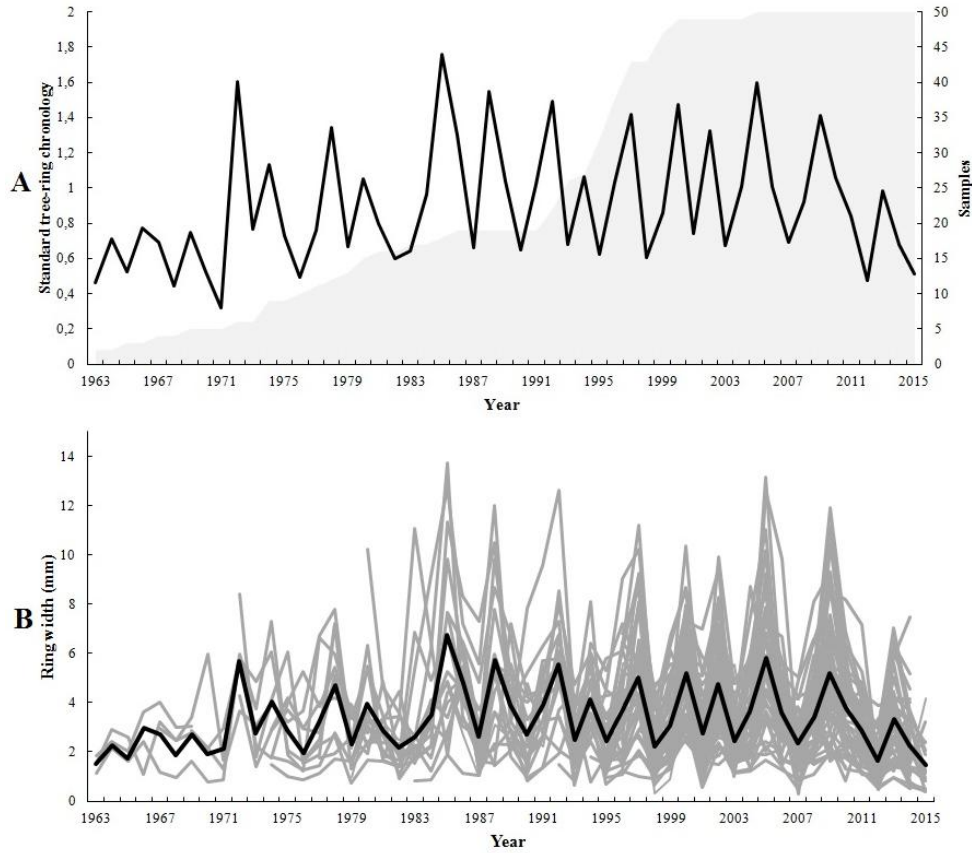
The standard chronology was obtained for the series of growth rings of *S. brasiliensis* (Tab. 2.3.4; Figure A-B), which indicated that the trees were of between 16 and 53 years old (mean age = 28 years), with a predominance (57.5% or 23 individuals) of young trees. The growth rings were 3.33 mm wide, on average, ranging from a minimum of 0.44 mm to a maximum of 13.74 mm.

Table 2.3.1. Diagnostic data of the tree-ring series of *Schinopsis brasiliensis*.

Number of trees (radii)	Time period	Total years	Number of rings analyzed	Series intercorrelation	Mean sensitivity
39(50)	1963-2015	53	1328	0.560*	0.530

Note: *Significant correlation after COFECHA

Figure 2.3.4. (A) Standard chronology version of *Schinopsis brasiliensis*. The shaded area indicates the proportion of samples that contributed to the construction of the chronology. (B) Raw individual tree ring series (gray lines) and the resulting average series (black line).



The PCA indicated a close correlation between the standard chronology and the MP and MRH, while an inverse relationship was found with the other climatic variables. The results of the GLM for the relationships between the chronology and the climatic variables are shown in Table 2.3.2.

Table 2.3.2. Correlations obtained by the GLM between the standard chronology of *S. brasiliensis* and local climatic variables.

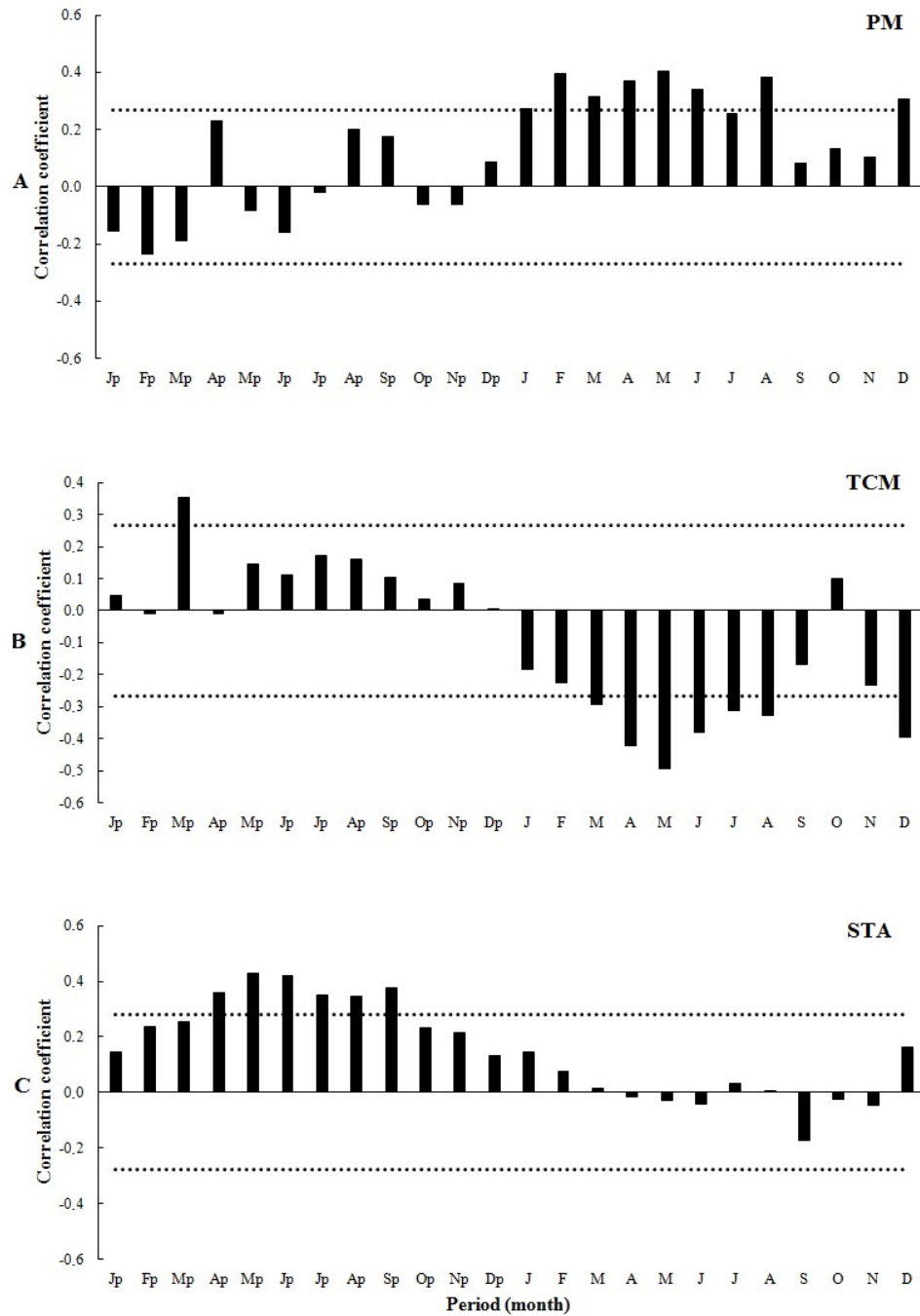
	Variable							
	MP	MCT	MI	MMaT	MRH	ME	MMiT	MWS
r	0.71*	-0.59*	-0.51*	-0.41*	0.39*	-0.35*	0.19	-0.14

Note: *Significant ($p < 0.05$). MP = Mean Precipitation; MCT = Compensated Mean Temperature; MI = Mean Insolation; MMaT = Mean Maximum Temperature; MRH = Mean Relative Humidity; ME = Mean Evaporation; MMiT = Mean Minimum Temperature; MWS = Mean Wind Speed.

The Pearson correlation (RESPO) indicated that the MP has a significant positive influence on the formation of growth rings in January–June, August, and December of the current

year (Fig. 2.3.5A). The MCT had a negative effect in March–August and December, and in March of the preceding year (Fig. 2.3.5B). However, the STA of April–September of the preceding year was correlated significantly with the growth of the trees (Fig. 2.3.5C).

Figure 2.3.5. Correlation between the standard chronology of *Schinopsis brasiliensis* and the environmental variables: (A) cumulative mean precipitation; (B) compensated mean temperature; (C) temperature of the Surface of the Atlantic Ocean. The significance level ($p < 0.05$) is indicated by the dotted line. The “p” after the months indicates the previous year.



The influence of extreme climatic events (surface temperature of the Atlantic Ocean, STA, and the El Niño–Southern Oscillation, ENSO) on the dynamics of the local precipitation (MP) and temperature (MCT) was examined by a Pearson correlation (see Tab. 2.3.3).

Table 2.3.3. Pearson correlations, considering the period between January of the previous year (y-1) and December of the current year, and the El Niño–Southern Oscillation (ENSO) and STAq (ENSO/STAq); ENSO and precipitation (ENSO/MPq); ENSO and air temperature (ENSO/MCTq); Surface temperature of the Atlantic Ocean (STA) and annual rainfall (STA/MP); STA and air temperature (STA/MCT), for the period between 1963 and 2010.

Quarter	ENSO/ STAq	ENSO/ MPq	ENSO/ MCTq	Month	STA/ MP	STA/ MCT
JJA y-1	0.06	-0.21	0.13	Jan y-1	0.17	0.02
JAS y-1	0.04	-0.23	0.15	Feb y-1	0.21	-0.02
ASO y-1	0.03	-0.25	0.20	Mar y-1	0.25	-0.07
SON y-1	0.02	-0.27	0.22	Apr y-1	0.33*	-0.14
OND y-1	-0.01	-0.28*	0.23	May y-1	0.39*	-0.17
NDJ y-1	-0.02	-0.31*	0.24	Jun y-1	0.39*	-0.18
DJF y-1	-0.04	-0.32*	0.25	Jul y-1	0.32*	-0.17
JFM y-1	-0.03	-0.33*	0.27	Aug y-1	0.38*	-0.27
FMA y-1	-0.00	-0.35*	0.33*	Sep y-1	0.38*	-0.31*
MAM y-1	-0.00	-0.41*	0.40*	Oct y-1	0.18	-0.12
AMJ y-1	0.01	-0.43*	0.43*	Nov y-1	0.13	-0.15
MJJ y-1	0.01	-0.33*	0.36*	Dec y-1	0.02	-0.04
JJA	0.09	-0.19	0.26	Jan	0.02	0.05
JAS	0.11	-0.12	0.23	Feb	0.03	0.11
ASO	0.08	-0.12	0.22	Mar	-0.01	0.17
SON	0.04	-0.14	0.24	Apr	0.02	0.08
OND	-0.00	-0.13	0.22	May	-0.02	0.09
NDJ	-0.01	-0.13	0.22	Jun	-0.00	0.05
DJF	-0.03	-0.13	0.24	Jul	0.00	0.08
JFM	-0.06	-0.15	0.27	Aug	0.01	0.16
FMA	-0.15	-0.19	0.30*	Sep	-0.19	0.34*
MAM	-0.29*	-0.23	0.31*	Oct	-0.11	0.22
AMJ	-0.44*	-0.19	0.19	Nov	-0.03	0.17
MJJ	-0.49*	-0.07	0.04	Dec	0.11	0.07

Note: * Critical correlation ($r = 0.28$) considering a 1% significance level.

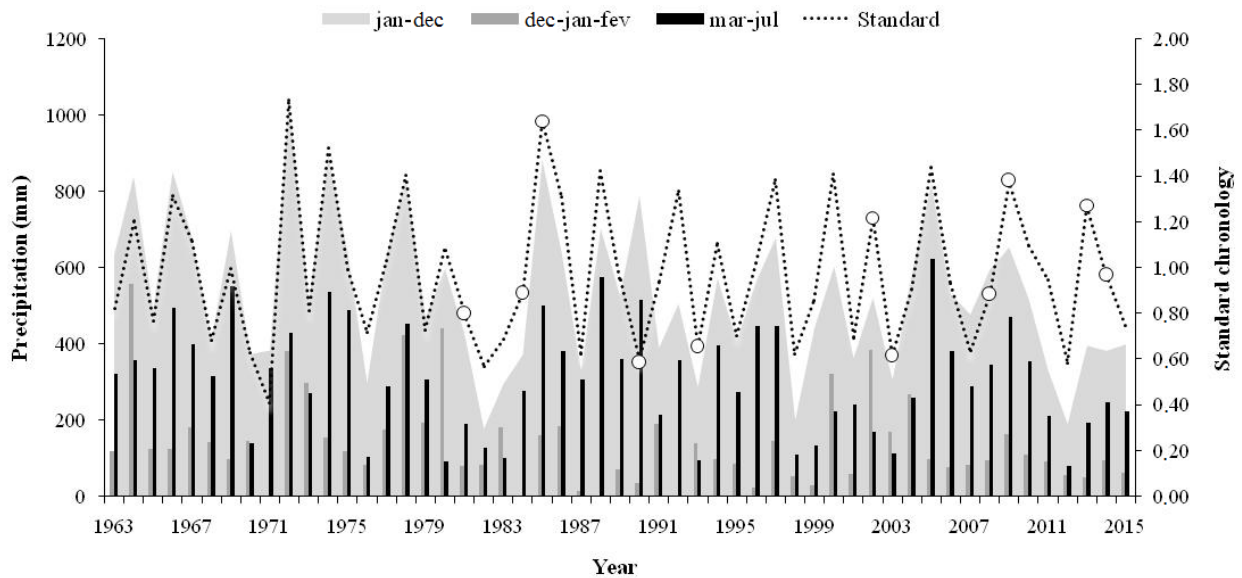
Overall, ENSO events (either El Niño or La Niña) occurred in 61.5% of the years of the study period (1963–2015), considering weak, moderate and strong events, while downpours were recorded in 73.1% of the years (Tab. 2.3.4). Comparing the ENSO events and downpours with

the *S. brasiliensis* chronology, distinct responses can be observed in the plants, with the formation of wider or narrower annual growth rings than average in different years (Fig. 2.3.6).

Table 2.3.4. Relative frequency (%) of climatic anomalies (ENSO and downpours) in comparison with the relative frequency (%) of annual growth rings of different sizes (mm) in *Schinopsis brasiliensis*.

Climatic anomaly	1963-2015	Rings < 3 mm	Rings > 3 mm	Downpours
ENSO	61.5	63.3	59.1	68.8
El Niño	34.6	40.0	27.0	43.8
La Niña	26.9	23.3	32.0	25.0
ENSO (absent)	38.5	36.7	40.9	31.2
Downpours (> 80 mm)	73.1	70.0	77.3	-

Figura 2.3.6. Comparison of the standard chronology of *Schinopsis brasiliensis* (black dotted line) in comparison with annual precipitation (light gray area), downpours (black bars) and the precipitation recorded during the rainy season (gray bars) for the study period (1963–2015). The white circles indicate the years during which ENSO events did not occur.



The multiple correlations between the chronology and the rainy season (March – July) and the downpours (recorded during December of the preceding year and January – February of the current year) indicated that the downpours also played a significant role in the formation of annual growth rings in *S. brasiliensis* (Tab. 2.3.5).

Table 2.3.5. Multiple regression analysis between the raw chronology (dependent variable) and the historical mean precipitation of December (y-1), January to February and March to July.

Variable	b	Standard error	β
Intercept	0.3327	0.0922	-
Dec(y-1), Jan-Feb	0.0012	0.0002	0.4641*
March-July	0.0014	0.0002	0.6430*

Note: *p = 0.0000; F = 28.506; R^2 = 0.56; standard error of estimate = 0.2197; n = 48. R^2 = coefficient of determination; b = regression coefficient; β = standardized coefficient.

DISCUSSION

The *S. brasiliensis* growth rings recorded in the Northeast are annual, and can be identified by the fine continuous line of the marginal axial parenchyma, as described by Lopez and Villalba (2016). The line of the marginal parenchyma is best visualized in the sapwood, due to the greater contrast in coloration, and varied considerably in width within the wood, a pattern also observed in *S. lorentzii* in the Argentinian Chaco, a region with a strongly seasonal climate (Giménez and Lopez, 2002; Ferrero and Villalba, 2009; Cardoso, 2014). The lack of false growth rings in *S. brasiliensis* emphasizes the influence of climate seasonality on the activity of the cambium in the semi-arid zone of northeastern Brazil.

The *S. brasiliensis* chronology covered a 53-year period. Trees of the genus *Schinopsis* may reach 250 years of age (Giménez and Ríos, 2009), as observed in the case of *S. lorentzii*. How old is the chronology developed by Cardoso (2014) the chronology recorded in the present study can be considered satisfactory in terms of its inter-correlation and the sensitivity of the growth ring series (Tab. 2.3.1), which indicates that the species is a good model for studies in tropical dendrochronology in the Brazilian Northeast, with applications for dendroecology and dendroclimatology. Chronologies can also be expanded into the past through the analysis of growth rings in dead wood (Fritts, 1976), as shown by Cardoso (2014) in the Northeast and in Lopez and Villalba's (2016) study of fragments of *S. brasiliensis* lumber used in the construction of buildings. In the Caatinga, *S. brasiliensis* is exploited mainly for the production of fence posts on rural properties (Nascimento, 2007), due to both its availability, and the durability of its wood due to its resistance to decay (Pereira et al. 2003). The lumber of *S. brasiliensis* is considered to be of high quality and durability (EMBRAPA, 2014).

The correlation between the chronology and climatic variables indicates the growth of *S. brasiliensis* in the study region is closely related to the availability of water (Tab. 2.3.2). The relationship between the chronology and the MP (Fig. 2.3.5A) highlights the formation of growth

rings during both the rainy season and the months during which downpours occur (Tab. 2.3.5). The downpours are often associated with high summer temperatures, and may contribute as much as 267 mm of rainfall, which is often a major component of the annual total, over a short period of time (<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>).

There was a negative response of the chronology to the MCT (Fig. 2.3.5B) in March–August and December of the current year, confirming that the temperature also interferes in the formation of the growth rings. In addition to the MCT, other climatic variables associated with heat waves, i.e., the MI, MMaT, and ME, further reinforced this pattern through the results of the GLM (Tab. 2.3.2). The increase in relative humidity following rainfall also interferes in the dynamics of the local temperature, and is especially clear during the summer months, when the downpours occur. It seems possible that these events contribute to the resumption of growth in these trees. A negative correlation between growth and maximum temperatures may be related to the alleviation of high dry season temperatures by the downpours (Devall et al. 1995). The hydrological deficit during the period of reduced rainfall is the principal seasonal factor limiting cambial activity, and the variation observed among years in the width of the growth rings is related directly to the precipitation falling during the beginning of the growing season (Brienen and Zuidema, 2005).

The correlation between the chronology and the STA (Fig. 2.3.5C) indicates that the temperature of the ocean in April–September of the preceding year is associated with the formation of the growth rings in this species, reflecting the influence of the variation in the TSA on the volume of precipitation over the continent, and the development of the Caatinga vegetation, with the chronology of *S. brasiliensis* responding clearly to the availability of water. Similar patterns were observed in *Poincianella pyramidalis* and *Aspidosperma pyrifolium* in the semi-arid zone of the Brazilian Northeast (Pagotto et al. 2015).

In tropical regions with prolonged and severe dry season conditions, the seasonality of precipitation is the principal factor determining the phenology of deciduous trees (Roig, 2000). The deciduous leaf-fall and subsequent shooting of new leaf associated with the strong seasonal variation in climate is important for the formation of annual growth rings in trees (Stahle et al. 1999). This ecological response of the trees to climatic limitations is fundamental to dendrochronology (Fritts, 1976). *Schinopsis brasiliensis* is deciduous, with its leaves falling in the winter/spring. Leaves shoot at the end of the dry season (summer, between December and

March), and continue doing so until the end of the rainy season, that is, in the fall (Lima, 2007). The loss of leaves and the cessation of cambial activity during the dry season (winter/spring), and the predisposition of the plant to grow during summer rains, given the formation of a new crown of leaves from December onwards, are characteristics of the response of the species to the fluctuations in climate.

The atmospheric circulation of the tropical region is modulated strongly by ocean temperatures, with its thermodynamic patterns being altered profoundly in years when positive or negative anomalies occur in the surface temperatures of the Pacific Ocean, which provoke changes in the Hadley and Walker cells, and interfere in rainfall dynamics in the tropics (Ferreira and Mello, 2005). The correlations between the chronology of *S. brasiliensis* and the PM and TCM (Tab. 2.3.2) contributed to the understanding of the influence of extreme ENSO and STA events on plant growth.

The dynamics of the atmospheric circulation of the Northeast may be associated directly with the greater influence of the TSA on precipitation patterns during the rainy season in the Brazilian semi-arid zone. Our results are consistent with the findings of Andreoli and Kayano (2005), who showed that the TSA has a major influence on the variability in precipitation patterns in the region, independently of the ENSO signal, reinforcing the importance of the influence of the temperatures of the Atlantic and Pacific oceans on the Northeast. The variability in the TSA is the dominant force determining anomalies in the region's precipitation, with the more remote ENSO events either weakening or reinforcing these anomalies (Uvo et al. 1998; Pezzi and Cavalcanti, 2001; Ambrizzi et al. 2004; Souza et al. 2004, Andreoli and Kayano, 2005).

The Pearson correlations (Tab. 2.3.3) indicate that ENSO and TSAq events are associated negatively with the March–May and May–July trimesters, which would account for the effect of the ENSO as an extreme event limiting the rainy season in the Brazilian semi-arid zone. This conclusion is further reinforced by the relationship between the ENSO and the MCTq, which was positive for the February–April and May–July trimesters of the preceding year, as well as the February–April and March–May periods of the current year, which indicates a direct relationship between the variation in the surface temperature of the Pacific (ENSO) and the MCTq. The ENSO also had a negative effect on the MPq in the October–December and May–July trimesters

of the preceding year. This inverse relationship is similar to that observed between the chronology and the MP and the MCT (Fig. 2.3.5A-B).

The ENSO and the dipole of the tropical Atlantic have a direct influence on the position of the Intertropical Convergence Zone (ITCZ), which influences rainfall patterns in northern and eastern South America, in particular in the Brazilian Northeast, where it determines the abundance or scarcity of the seasonal rains (Ferreira and Mello, 2005). These external climatic factors provoke droughts in the Northeast when warmer waters and low pressure systems form in the Northern Hemisphere (Polzin and Hastenrath, 2014), maintaining the ITCZ in its northern extreme (Kucharski et al., 2008). The anomalies in the TSA also have a major influence on precipitation patterns in the Northeast (Kayano and Capistrano, 2014).

The dry forests of the Brazilian Northeast are found in a region of anomalous climate in terms of the distribution of the rains, in comparison with other regions located at the same latitudes, such as Amazonia (Alves and Repelli, 1992). In the Caatinga, alterations of precipitation patterns and temperatures are frequent during El Niño and La Niña years, affecting not only the total seasonal precipitation, but also the frequency and duration of the rains. The impacts of these global events on climatic conditions in Brazil can be observed in the changes in rainfall patterns and air temperatures (Berlato and Fontana, 2003).

The growth of *S. brasiliensis* is associated with the region's climatic anomalies (Fig. 2.3.6), in particular the downpour events. The summer rains have a significant influence on the survival of this species in the Caatinga (Tab. 2.3.5). The sensitivity of the chronology to the rainy season and the summer downpours is consistent with the adaptation of this native species to the scarcity of water in the semi-arid zone. Seasonal droughts in this region provoke the partial or even total loss of cattle herds, and the irregularity of the short, intense rains tends to impact water supplies (Silva et al. 1998). Climatic studies of the Northeast and the Caatinga (Nobrega and Santiago, 2016) indicate a trend for an increase in the volume of the rains and a more concentrated distribution of the precipitation during positive anomalies in the eastern Pacific (El Niño) and negative anomalies over the South Atlantic (positive dipole). These processes accentuate the natural climatic extremes of this biome, where the rainy season is concentrated into a four-month period.

CONCLUSIONS

The chronology recorded for *S. brasiliensis* in the semi-arid zone of northeastern Brazil provides important insights into the ecology of the species, its growth dynamics, its relationship with climatological variables, and possible climate change related to ENSO and TSA events, which may contribute to the development of effective measures for the conservation of the species. The Caatinga is the most vulnerable Brazilian region to climate change, due to its hydrological deficit, poor soils, and the lack of perennial rivers, which are all vulnerable to changes in phytogeography, and economic and social practices (Nobrega and Santiago, 2016).

The chronology of *Schinopsis brasiliensis* indicated a strong correlation between tree growth in the Brazilian semi-arid zone and ENSO and TSA events, and local downpours. Complementary long-term studies or expanded analyses of building timbers will also be important for the understanding of the dynamics of the Caatinga climate, the influence of anomalies in rainfall patterns, and their influence on the survival of the rural populations that depend on the exploitation of local natural resources for their subsistence.

Acknowledgements: This research was undertaken in association with the Graduate Program in Development and Environment at the Federal University of Sergipe (PRODEMA/UFS). We are especially grateful to the Federal Institute of Sergipe (IFS) in São Cristóvão (IFS) and to the team at the UFS Plant Anatomy and Dendrochronology Laboratory. Thanks to Professor Dr. Stephen Ferrari for the contributions in the translation and Rafael Bottero (Conicet-CCT-Mendoza) for the construction of the map (study area).

REFERENCES

- ALVES, J. M. B.; REPELLI, C. A. A variabilidade pluviométrica no setor norte do Nordeste e os eventos El Niño-Oscilação Sul (ENOS). **Revista Brasileira de Meteorologia**, n. 7, p. 583-592. 1992.
- AMBRIZZI, T.; SOUZA, E. B.; PULWARTY, R. S. The Hadley and walker regional circulations and associated ENSO impacts on South American seasonal rainfall. In: DIAZ, H. F.; BRADLEY R. S. (EDS.). **The Hadley Circulation: Present, Past and Future**. Kluwer Publishers, Chapter, n. 7, p. 203-235. 2004.
- ANDREOLI, R. V.; KAYANO, M. T. ENSO-related rainfall anomalies in South America and features during warm and cold Pacific decadal oscillation regimes. **International Journal of Climatology**, n. 25, p. 2017-2030. 2005.
- ANHOLETO JÚNIOR, C. R. **Dendroecologia e composição isotópica ($\delta^{13}\text{C}$) dos anéis de crescimento das árvores de *Cedrela odorata*, Meliaceae, na Caatinga e Mata Atlântica do Estado de Sergipe, Brasil**. Dissertação de Mestrado, Esalq-USP, Piracicaba 91p. 2013.
- AROCA, R. **Plant responses to drought stress: From morphological to molecular features**. Springer-Verlag, Berlin. 466p. 2012.
- BERLATO, M. A.; FONTANA, D. C. **El Niño e La Niña: Impactos no clima, na vegetação e na agricultura do Rio Grande do Sul; aplicações de previsões climáticas na agricultura**. Porto Alegre: Editora da UFRGS. 17-37p. 2003.
- BRIENEN, R. J. W, ZUIDEMA, P. A. Relating tree growth to rainfall in Bolivian rain forests: A test for six species using tree ring analysis. **Oecologia**, n. 146, p. 1-12. 2005.
- CARDOSO, D. S. Caracterização anatômica da madeira e potencial dendrocronológico de *Schinopsis brasiliensis* ENGL (Anacardiaceae) na caatinga sergipana. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Sergipe-UFS, São Cristóvão. 80p. 2014.
- CAVALCANTI, E. P.; SILVA, V. P. R.; SOUSA, F. A. S. Programa computacional para a estimativa da temperatura do ar para a região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, n. 10, p. 140-147. 2006.
- COOK, E. R. **A time series analysis approach to tree-ring standardization**. PhD Thesis, University of Arizona. Tucson. 183p. 1985.
- COOK, E. R.; PETERS, K. The smoothing spline: a new approach to standardizing forest interior tree-ring width series for dendroclimatic studies. **Tree-Ring Bulletin**, n. 41, p. 45-53. 1981
- DEVALL, M. S.; PARRESOL, B. R.; WRIGHT, S. J. Dendroecological analysis of *Cordia alliodora*, *Pseudobombax septenatum* and *Annona spraguei* in Central Panama. **IAWA Journal**, n. 16, p. 411-424. 1995.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Plantio de leguminosas arbóreas para produção de moirões vivos e construção de cercas ecológicas: os diferentes modelos de cercas utilizadas nas propriedades rurais do Brasil.** Disponível em <http://ras://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Moirao/MoiraoVivoCercaEcologica>. 2014.

EMBRAPA. **Solos do Nordeste - Bahia.** Município de Paulo Afonso. Disponível em: <http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ba>. 2016.

FERREIRA, A. G.; MELLO, N. G. DA S. Principais sistemas atmosféricos atuantes sobre a região Nordeste do Brasil e a influencia dos oceanos Pacífico e Atlântico no clima da região. **Revista Brasileira de Climatologia**, n, 1, p. 15-28. 2005.

FERRERO, M. E.; VILLALBA, R. Potencial of *Schinopsis lorentzii* for dendrochronological studies in subtropical dry Chaco forests of South America. **Trees**, v. 23, p. 1275-1284. 2009.

FRITTS, H. C. **Tree Rings and Climate.** The Blackburn Press, New Jersey. 1976.

GIMÉNEZ, A. M.; LOPEZ, C. R. Variacion longitudinal de los elementos del leño en *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer Anacardiaceae. **Madera y Bosques**, n. 8(2), p. 27-38. 2002.

GIMÉNEZ, A. M.; RÍOS, N. A. Crecimiento de *Schinopsis quebracho-colorado* (Schlecht.) Barkl. et Meyer Anacardiaceae. **Madera y Bosques**, n. 5(2), p. 35-51. 1999.

HAMMER, Ø.; HARPER, D. A. T.; RAYAN, P. D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis.** Palaeontologia Electronica, 4(1), 9p. 2001.

HASTENRATH, S.; HELLER, L. Dynamics of climatic hazards in Northeast Brazil. **Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, Berkshire**, v. 103, p. 77-92. 1977.

HOLMES, R. L. Computer-assisted quality control in tree-ring dating and measurement. **Tree-Ring Bull**, v. 43, p. 69-78. 1983.

KAYANO, M. T.; CAPISTRANO, V. B. How the Atlantic multidecadal oscillation (AMO) modifies the ENSO influence on the South American rainfall. **International Journal of Climatology**, n. 34, p. 162-178. 2014.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra.** Fondo de Cultura Económica. México. 479p. 1948.

KUCHARSKI, F.; POLZIN, D; HASTENRATH, S. Teleconnection mechanisms of Northeast Brazil droughts. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 23, n. 2, p. 115-125. 2008.

LIMA, A. L. A. **Padrões fenológicos de espécies lenhosas e cactáceas em uma área do semi-árido do Nordeste do Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE. 76p. 2007.

LOPEZ, B. C.; RODRÍGUEZ, R.; GRACIA, C. A.; SABATE, R. Climate signals in growth and its relation to ENSO events of two *Prosopis* species following a latitudinal gradient in South America. **Global Change Biology** n. 12, p. 897-906. 2006.

LOPEZ, L.; VILLALBA, R. An assessment of *Schinopsis brasiliensis* Engler (Anacardiaceae) for dendroclimatological applications in the tropical Cerrado and Chaco forests, Bolivia. **Dendrochronologia**, n. 40, p. 85-92. 2016.

LUCENA, R.L.; STEINKE, E.T. Fatores geográficos e padrões de circulação atmosférica como base a compreensão do clima semiárido quente da região Nordeste. **Revista Workshop Internacional sobre Água no Semiárido Brasileiro**, p. 01-07. 2015.

MOURA, A. D.; SHUKLA, J. On the dynamics of the droughts in Northeast Brazil: Observations, theory and numerical experiments with a general circulation model. **Journal of the Atmospheric Science**, v. 38(12), p. 2653-2673. 1981.

NASCIMENTO, V. T. **Estratégias rurais de uso e manejo de plantas para a construção de cercas em uma área de caatinga no município de Caruaru, Pernambuco**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, Recife-PE. 101p. 2007.

NOBREGA, R. S.; SANTIAGO, G. A. C. F. Tendências do controle climático oceânico sob a variabilidade temporal da precipitação no Nordeste do Brasil. **Revista de Geografia Norte Grande**, n. 63, p. 9-26. 2016.

NOGUEIRA JÚNIOR, F. C. **Estrutura e composição de uma vegetação ripária, relações dendrocronológicas e climáticas na Serra dos Macacos em Tobias Barreto, Sergipe-Brasil**. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão-SE. 173p. 2011.

ORVIS, K. H.; GRISSINO-MAYER, H. D. Standardizing the reporting of abrasive papers used to surface tree-ring samples. **Tree Ring Research**, n. 58, p. 47-50. 2002.

PAGOTTO, M. A. **A vegetação lenhosa da caatinga em assentamento do estado de Sergipe: aspectos fitossociológicos, anatômicos e dendrocronológicos**. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Sergipe – UFS, São Cristóvão-SE. 185p. 2015.

PAGOTTO, M. A.; ROIG, F. A.; RIBEIRO, A. S.; LISI, C.S. Influence of regional rainfall and Atlantic sea surface temperature on tree-ring growth of *Poincianella pyramidalis*, semiarid forest from Brazil. **Dendrochronologia**, n. 35, p. 14-23. 2015.

PEREIRA, S. C.; GAMARRA-ROJAS, C. F. L.; GAMARRA-ROJAS, G.; LIMA, M.; GALLINDO, F. A. T. **Plantas uteis do Nordeste do Brasil**. CNIP-APNE, Recife. 138p. 2003.

PEZZI, L. P.; CAVALCANTI, I. F. A. The relative importance of ENSO and tropical Atlantic sea surface temperature anomalies for seasonal precipitation over South America: a numerical study. **Climate Dynamics**, n. 17, p. 205-212. 2001.

POLZIN, D.; HASTENRATH, S. Climate of Brazil's Nordeste and Tropical Atlantic sector: preferred time scales of variability. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 29(2) , p. 153-160. 2014.

PRADO, D. E. As caatingas da América do Sul. In: LEAL, I. R.; TABARELLI, M.; SILVA, J. M. C. **Ecologia e conservação da caatinga**. Editora Universitaria da UFPE. p. 3-73. 2005.

PRADO, D. E.; GIBBS, P. E. Patterns of species distributions in the dry seasonal forests of South America. **Annals of the Missouri Botanical Garden**, n. 80, p. 902-927. 1993.

ROIG, F. A. Dendrocronologia en los bosques del Neotropico: revisión y prospección futura. In: ROIG, F. (ed.). **Dendrocronología en América Latina**. EDIUNC, Mendoza. p. 307-355. 2000.

ROUCOU, P.; ARAGÃO, J. O. R.; HARZALLAH, A.; FONTAINE, B.; JANICOT, S. Vertical motion, changes to Northeast Brazil rainfall variability: A GCM simulation. **International Journal of Climatology**, v. 16(1), p. 879-891. 1996.

SCHWEINGRUBER, F. H. **Tree Rings and Environment. Dendroecology**. Vienna, Haupt. 609p. 1996.

SILVA, V. P. R.; CORREIA, A. A.; COELHO, M. S. Analise de tendência das series de precipitação pluvial do Nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 2(1), p. 111-114. 1998.

SILVA, V. P. R. On climate variability in Northeast of Brazil. **Journal of Arid Environments**, v. 58(4), p. 575-596. 2004.

SILVA, V. P. R.; PEREIRA, E. R. R.; ALMEIDA, R. S. R. Estudo da variabilidade anual e intra-anual da precipitação na região nordeste do Brasil. **Revista Brasileira de Meteorologia**, v. 27(2), p. 163-172. 2012.

SILVA-LUZ, C. L.; PIRANI, J. R. Anacardiaceae. In: **Lista de Espécies da Flora do Brasil. Jardim Botânico do Rio de Janeiro**. Disponível em: <http://floradobrasil.jbrj.gov.br/jabot/floradobrasil/FB4396> acessado em 14/09/2016. BFG. Growing knowledge: an overview of Seed Plant diversity in Brazil. *Rodriguésia*, v. 66(4), p.1085-1113. 2015.

SOUZA, E. B.; AMBRIZZI, T.; COELHO, C. A. S. Two episodes with reversed impacts on the regional precipitation of the northeastern South America. **Meteorologica**, v. 29(1-2), p. 5-16. 2004.

STAHLE, D. W.; MUSHOVE, P. T.; CLEAVELAND, M. K.; ROIG, F.; HAYNES, G. A. Management implications of annual growth rings in *Pterocarpus angolensis* from Zimbabwe. **Forest Ecology and Management**, v. 124, p. 217-229. 1999.

STATSOFT. **Programa computacional Statistica 7.0**. E.A.U. 2004.

STOKES, M. A.; SMILEY, T. L. **An Introduction to Tree-Ring Dating**. The University of Arizona Press, Arizona. 73p. 1996.

UVO, C. R. B.; REPELLI, C.; ZEBIAK, S. E.; KUSHNIR, Y. The relationships between Tropical Pacific and Atlantic SST and Northeast Brazil monthly precipitation. **Journal of Climate**, v.11, p. 551-562. 1998.

2.4 Avaliação das propriedades físicas, químicas e anatômicas de estacas para as espécies *Prosopis juliflora* (SW) DC e *Schinopsis brasiliensis* Engl. presentes em cercas de propriedades rurais localizadas no semiárido brasileiro

Autores

Francisco de Carvalho Nogueira Júnior¹

Claudio Sergio Lisi²

Adauto Ribeiro³

Ana Márcia M. L. Carvalho⁴

¹Laboratório de Ecologia e Dendrologia do Instituto Federal de Sergipe, Rodovia BR-101, Km 96, povoado Quissamã, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

²Laboratório de Anatomia Vegetal e Dendrocronologia, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon s/n, Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

³Departamento de Biologia, Universidade Federal de Sergipe, Av. Marechal Rondon s/n, Rosa Elze, São Cristóvão, Sergipe, 49100-000, Brazil.

⁴Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Viçosa, Campus da UFV – s/n, Viçosa, Minas Gerais, 36570-000, Brazil.

Autor correspondente

Nome: Francisco Nogueira Júnior; Endereço: Rua Napoleão Teles de Oliveira, n. 35, Luzia, Aracaju, Sergipe, Brazil, 49048-309; Tel: +5579998691803; +557932170886; E-mail: fjbologia@gmail.com

RESUMO

A busca pela utilização racional dos recursos florestais, como a madeira, depende do desenvolvimento de tecnologias que permitam seu uso sustentável. Pesquisas envolvendo a caracterização tecnológica de madeiras da Caatinga são recentes no Brasil. Estudos relacionados ao uso de madeiras em cercas mortas de propriedades rurais ainda são pouco conhecidos no nordeste brasileiro (NEB). Sendo assim, avaliou-se as características gerais das madeiras, seus aspectos físicos (relação cerne e alburno; densidade da madeira), químicos (extrativos, lignina e holocelulose), energéticos (voláteis, cinzas e carbono fixo), mecânicos (resistência à compressão, flexão elástica e cisalhamento) e de caracterização anatômica do lenho das madeiras, para as

estacas velhas e jovens das espécies *Schinopsis brasiliensis* Engl. e *Prosopis juliflora* (Sw) DC. ocorrentes em cercas da Caatinga para fins de orientação de uso sustentável. Os resultados obtidos entre a relação cerne e alburno demonstraram que as estacas de *S. brasiliensis* possuem qualidade superior, sendo mais resistentes à ação de biodegradação natural. A densidade básica é maior para *S. brasiliensis*, sugerindo maior capacidade de resistência e proteção natural de suas madeiras. Os teores de extrativos indicaram que as estacas de *P. juliflora* possuem maior capacidade energética. Os teores de lignina foram superiores para as estacas de *P. juliflora*. O teor de holocelulose foi maior para as estacas jovens de *S. brasiliensis*, mas menor em comparação com as estacas velhas de *P. juliflora*. Os testes energéticos não apresentaram resultados satisfatórios para ambas as espécies, por possuírem elevados teores de voláteis e reduzidos percentuais de carbono fixo. A anatomia indicou que ambas as espécies possuem anéis de crescimento, possuem diferenças entre o diâmetro dos vasos, presença de tiloses (*S. brasiliensis*) e amido (*P. juliflora*). Estes estão de acordo com os padrões preditos para folhosas quanto ao valor do diâmetro do lume, largura e espessura da parede de suas fibras. Estacas de *P. juliflora* possuem maiores intercorrelações entre sua estrutura e armazenamento, já as de *S. brasiliensis* somente sua estrutura. Essas espécies possuem resultados satisfatórios quanto à classe C60 segundo a norma NBR 7190, o que sugere maior resistência de suas madeiras, sendo seu uso adequado às cercas. Apesar da utilização das estacas de *P. juliflora* ser economicamente viável, seu uso deve ser acompanhado de medidas mitigadoras de controle de expansão, em face das características anatômicas observadas que potencializam sua capacidade invasora em regiões semiáridas. As estacas de *S. brasiliensis* possuem maior durabilidade e resistência à degradação. Contudo, sua utilização requer programas de recuperação, plantio e controle silvicultural, dados os riscos ambientais sob os quais essa espécie está sendo submetida em função do seu extrativismo e expansão de *P. juliflora*.

Palavras chaves: Cercas; Extrativismo; *Schinopsis brasiliensis*; *Prosopis juliflora*.

Evaluation of the physical, chemical and anatomical properties of cuttings for *Prosopis juliflora* (SW) DC and *Schinopsis brasiliensis* Engl. Present in fences of rural properties located in the Brazilian semiarid

SUMMARY

The search for the rational use of forest resources, such as timber, depends on the development of technologies that allow their sustainable use. Researches involving the technological characterization of Caatinga wood are recent in Brazil. Studies related to the use of wood in dead fences of rural properties are still little known in the Brazilian northeast (NEB). Therefore, the general characteristics of wood, its physical aspects (core and sapwood ratio, wood density), chemical (extractive, lignin and holocellulose), energy (volatile, ashes and fixed carbon), mechanical (compressive strength, Elastic flexion and shear) and anatomical characterization of the wood for the old and young cuttings of the species *Schinopsis brasiliensis* Engl. And *Prosopis juliflora* (Sw) DC. Occurring in Caatinga fences for sustainable use orientation. The

results obtained between the core and sapwood relationship showed that the stakes of *S. brasiliensis* have superior quality, being more resistant to the action of natural biodegradation. The basic density is higher for *S. brasiliensis*, suggesting greater capacity of resistance and natural protection of its woods. The extractive contents indicated that the *P. juliflora* cuttings have greater energy capacity. The lignin contents were higher for *P. juliflora* cuttings. The holocellulose content was higher for the young cuttings of *S. brasiliensis*, but smaller in comparison to the old cuttings of *P. juliflora*. The energy tests did not present satisfactory results for both species, because they have high levels of volatile and reduced percentages of fixed carbon. The anatomy indicated that both species have growth rings, have differences between the diameter of the vessels, presence of thyloses (*S. brasiliensis*) and starch (*P. juliflora*). These are in accordance with the patterns predicted for hardwoods as to the value of the fire diameter, width and wall thickness of their fibers. Stakes of *P. juliflora* have greater intercorrelations between their structure and storage, while those of *S. brasiliensis* only have their structure. These species have satisfactory results in terms of class C60 according to norm NBR 7190, which suggests greater resistance of their woods, being their proper use to the fences. Although the use of *P. juliflora* cuttings is economically viable, its use must be accompanied by mitigation measures of expansion control, in view of the anatomical characteristics observed that potentiate its invasive capacity in semi-arid regions. *S. brasiliensis* cuttings have greater durability and resistance to degradation, however, their use requires programs of recovery, silvicultural planting and control, given the environmental risks under which this species is being submitted due to its extractivism and expansion of *P. Juliflora*

Key words: Fences; Extractivism; *Schinopsis brasiliensis*; *Prosopis juliflora*.

INTRODUÇÃO

O que dificulta a correta e maior utilização de madeira como material estrutural no Brasil é a reduzida quantidade de informações para o Cerrado e Caatinga, assim como a elaboração de conceitos errados sobre esse recurso em relação às suas características e possibilidades de aplicação (Lelles, 2007). No Brasil, as primeiras iniciativas começaram em 1904, quando a Escola Politécnica de São Paulo realizou a primeira iniciativa de caracterização de madeiras no Brasil através de estudos quanto à resistência à compressão, flexão e massa específica de diversas espécies nativas. Em 1930, o Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT) publicou os primeiros métodos de ensaios de madeira, que foram divididos em físicos e mecânicos, fundamentando o desenvolvimento da pesquisa quanto à caracterização de diversas espécies de madeiras utilizadas no Brasil. Somente na década de 1940, surgiram a MB-26/40:(NBR 6230) e somente em 1987 o Laboratório de Madeiras e Estruturas de Madeira (LAMEM) da Escola de Engenharia de São

Carlos (USP) elaborou métodos de ensaio para a determinação das características da Madeira, dando origem a NBR7190/97 (Lelles, 2007; Rodrigues, 2002).

Todos esses procedimentos têm contribuído para um melhor aproveitamento dos recursos florestais, o que, de certo modo, se associa com seu uso racional, sendo importante para o desenvolvimento tecnológico de uma nação. Porém, precisam ser utilizados adequadamente e também devem ser acessíveis aos povos que lutam para sobreviver em regiões de limitados recursos florestais, seja pelos séculos de exploração das florestas ou simplesmente pelo desconhecimento das tecnologias que poderiam contribuir para seu uso sustentável. No Nordeste brasileiro, ao mesmo tempo em que houve a troca das matas do bioma Mata Atlântica pelo cultivo da cana de açúcar, também ocorreram na Caatinga a substituição de suas florestas secas pela pastagem para criações, bem como o desmatamento dessas florestas para uso de suas madeiras.

A má utilização praticada quanto ao uso de diversas espécies de madeiras do nordeste tem se dado em função do desconhecimento das características tecnológicas das madeiras da região (Nascimento, 1998). As características da madeira e suas interrelações são primordiais para o entendimento do seu comportamento e melhor aproveitamento, visto que o interior do tronco não é uma massa homogênea e suas variações se dão em função da presença do albúrnio, cerne e madeira juvenil (Moreira, 1999). O ciclo de exploração deve ser cuidadosamente avaliado já que a idade da árvore influencia nas características de sua madeira (Castro, 2011). O ciclo de corte de florestas que são exploradas quanto ao aproveitamento de suas madeiras tem desconsiderado sua rotação, crescimento das espécies e aumento do seu valor comercial em função da maior qualidade da madeira (Rodriguez et al., 1997). As florestas são ambientes extremamente vulneráveis à variação pluviométrica e de temperatura ocasionada pelas mudanças climáticas, o que pode provocar nas árvores diminuição de sua condutância estomática, área foliar, e fixação de carbono, o que limita a composição de espécies nos ecossistemas (Bonan, 2008).

Texeira (2008) destaca que, até o presente momento, a grande experiência silvicultural brasileira se resume à produção de florestas jovens envolvendo principalmente o gênero *Eucalyptus*. Esse gênero pertence à família Mirtaceae e compreende cerca de 600 espécies (Trugilho et al., 1996). Comercialmente, no Brasil, teve sua exploração disseminada no início do século XX (Pereira et al., 2000). Atualmente, esse gênero é o mais explorado em nosso país, dado seu rápido crescimento, alta produtividade, ampla diversidade de espécies e clones,

adaptabilidade e diversificação em função do uso de suas madeiras, o que tem contribuído para o crescimento das áreas plantadas (Castro, 2011). A flora brasileira é riquíssima em biodiversidade. Porém, o número de espécies já estudado quanto a sua caracterização tecnológica e definição de suas madeiras é baixíssimo (Texeira, 2008). Dentro dessa realidade, a indústria brasileira tem utilizado principalmente o recurso madeireiro derivado de florestas plantadas, em especial o uso de eucaliptos, o que representa grande importância na indústria nacional quanto à produção de celulose, papel e carvão vegetal (Carvalho, 2000). Dada a falta de controle sobre a matéria-prima e dos corretos parâmetros de caracterização das madeiras exploradas, vislumbra-se um quadro de grandes possibilidades de reversão quanto ao uso desse recurso florestal, tanto para espécies nativas (conservação) como para exóticas (controle e exploração).

A densidade é uma das propriedades físicas mais importantes para a caracterização das madeiras (Hellmeister, 1983). A madeira possui propriedades mecânicas que variam e se relacionam com 3 eixos perpendiculares: radial, tangencial e longitudinal. Essas características variam em função das influências naturais e o tempo de vida da árvore (Nascimento, 1998). Na maioria das madeiras a densidade se apresenta correlacionada com a retrabilidade, secagem, trabalhabilidade, impregnabilidade, durabilidade natural, entre outras propriedades mecânicas (Chimelo, 1980; Gérard et al., 1995). A densidade é uma boa indicadora de qualidade da madeira em função das várias correlações com outras propriedades. Contudo, não indica de forma direta e conclusiva valores das propriedades mecânicas, das dimensões das fibras, do poder calorífico, da composição química e da existência de defeitos internos (Lima et al., 2000; Oliveira e Silva, 2003; Lelles, 2007). A propriedade da madeira mais utilizada para a avaliação da sua qualidade é a densidade básica por estar diretamente relacionada com a produção de massa seca, com as propriedades físico-mecânicas, podendo ser facilmente determinada, estando relacionada com a qualidade de seus produtos (Palermo et. al. 2004; Santos, 2010).

A madeira é um material orgânico que apresenta composição química complexa que está diretamente relacionada ao crescimento da árvore, como sua idade e posição do tronco (Gonçalves et al., 2010). É constituída por celulose, hemiceluloses, lignina, extrativos e pequena fração de inorgânicos, que se encontram distribuídos nas diversas camadas que compõem o elemento anatômico principal – fibra ou traqueíde (Mokfienski, 2004). A celulose é a principal constituinte da madeira, correspondendo a cerca de 45% da madeira seca na maioria das espécies, onde as cadeias de celulose estão agrupadas em forma de microfibrilas, que são a base para a

formação de fibras de celulose altamente resistentes à tração e insolúveis na maioria dos solventes (Lewin e Goldenstein, 1991; Sjöström e Westermarck, 1999). As hemiceluloses em conjunto com a celulose formam as holocelulose que correspondem ao principal polissacarídeo não celulósico da madeira (Trugilho et al., 1996). As hemiceluloses são consideradas polissacarídeos amorfos (Telmo e Lousada, 2011) e, de modo geral, variam entre 20-30% na madeira seca (Sjöström e Westermarck, 1999). A lignina é um dos principais componentes estruturais das plantas vasculares, correspondendo a um quarto dos tecidos vasculares e, em composição com hemiceluloses e celulose, constitui o material orgânico mais abundante da superfície terrestre (Chen, 1991; Castro, 2011).

A lignina e hemiceluloses estão presentes na parede celular secundária dos vegetais conferindo maior rigidez, desempenhando papel primordial no crescimento e desenvolvimento das plantas (Méchin et al., 2007), além de proporcionarem maior resistência mecânica e proteção contra o ataque de micro-organismos (Saliba et al., 2001; Méchin et al., 2007). A Lignina é definida como um material heterogêneo, ramificado, amorfo e polifenólico oriundo de uma polimerização desidrogenativa (Lin e Dence, 1992). De acordo com Gomide et al., (2005) os teores de lignina variam entre 27,5 a 31,7% em folhosas, onde coníferas plantadas no Brasil atingem média de 30% (Castro, 2011). Quanto à composição de lignina há diferença entre gimnospermas e angiospermas. No entanto, esses grupos vegetais apresentam basicamente dois tipos principais de Lignina: guaiacil (maior em gimnospermas) e siringil-guaiacil (maior em angiospermas) (Castro, 2011).

Os extrativos correspondem a componentes da madeira não encontrados na parede celular das fibras (Sjöström, 1992), influenciam nas propriedades físicas da madeira, odor e na resistência ao ataque a micro-organismos (Castro, 2011). Os extrativos agem no metabolismo vegetal de modo intermediário, sendo reserva de energia ou mesmo mecanismo de defesa (Telmo e Lousada, 2011). Em geral, grande parte dos extrativos são formados por substâncias voláteis importantes para o processo de queima direta dessas madeiras (Castro, 2011). As madeiras também apresentam elementos inorgânicos que correspondem a cerca de 1% de sua massa seca (Sjöström e Westermarck, 1999). Estão, em geral, associados a compostos orgânicos que desempenham função fisiológica. Segundo Trugilho et al., (1996) a idade da madeira (árvore), sua genética e o ambiente contribuem quanto a mudança de sua composição química, física e anatômica. A natureza das células é diretamente dependente da idade do tecido cambial (Silva,

2002). Naturalmente, a madeira tende a aumentar rapidamente sua densidade à medida que avança da fase juvenil até atingir sua maturidade, tendendo a se estabilizar quando a árvore atinge sua fase adulta (Trugilho et al., 1996).

A química da madeira interfere diretamente no comportamento de compressão, tração, flexão, fendilhamento, retração, inchamento, bem como no uso de preservativos (Hellmeister, 1983). A resistência da madeira está associada à presença de celulose (80%) e lignina (20%) através de cadeias celulósicas, onde a lignina atua como adesivo, dando maior rigidez e dureza aos conjuntos de cadeias de celulose. A origem da árvore está intimamente relacionada com as qualidades de sua madeira, sendo o solo, o clima, sua classificação botânica, sua fisiologia, anatomia do tecido lenhoso e a sua própria variação química fatores preponderantes quanto à determinação de suas características físicas (Hellmeister, 1983).

As propriedades mecânicas da madeira são representadas pelos valores de sua resistência às forças exteriores que tendem a deformar a sua massa (Tsoumis, 1991). Para uma melhor conservação e otimização quanto ao uso das madeiras dos recursos florestais remanescentes é necessário o conhecimento da magnitude de suas resistências a tais forças, devendo ser conhecidos os esforços sobre os quais a madeira é submetida na maior parte das situações quanto ao seu uso (Sousa Júnior, 2004), o que proporciona o dimensionamento adequado dos diversos componentes que formam a estrutura de sua madeira (Texeira, 2008). Segundo Tsoumis (1991) a densidade básica, retratibilidade, módulo de ruptura e de elasticidade são os mais importantes parâmetros físico-mecânicos para se caracterizar a madeira. Para Texeira (2008) os resultados obtidos através desses parâmetros expressam a combinação dos diferentes fatores que formam a madeira, como sua morfologia, anatomia e composição química. Para Oliveira (1997) a resistência à flexão ou módulo de ruptura é uma das mais importantes propriedades da madeira utilizada em construção. Os valores de módulo de ruptura são utilizados para a obtenção de tensões admissíveis para diferentes formas de uso dessas madeiras (Silva, 2002).

A tensão é considerada a reação interna da madeira em relação à aplicação de cargas externas. Para Nascimento (2008) são considerados três os principais elementos utilizados para definição da qualidade da madeira empregada na construção civil: tração/flexão, compressão e cisalhamento. A resistência da madeira não está somente na quantidade total da parede celular, mas também na proporção dos componentes das células estabelecidas em uma dada espécie, quantidade e os tipos de extrativos presentes no lume de suas células (Panshin e De Zeeuw,

1980). A flexão é o resultado da aplicação de cargas em elementos estruturais trabalhados como vigas. Todas as características da madeira que influenciam na sua elasticidade agem em conjunto quanto à determinação de sua flexão (Bortoleto Júnior, 1993). A resistência de compressão paralela às fibras varia principalmente em função do comprimento, tamanho do corpo de prova, bem como a variação da umidade e densidade da madeira (Prata, 1989). O cisalhamento é a capacidade de medir a resistência do material com aplicação de esforços paralelos agindo em dois sentidos, sendo influenciada pela resistência a compressão normal, densidade e umidade da madeira (Nascimento, 2008).

A descrição anatômica qualitativa permite a determinação de algumas características gerais e observações microscópicas da madeira (Alfonso, 1987). As diferenças anatômicas em relação às mudanças de lenho juvenil e adulto são menos acentuadas nas folhosas do que em coníferas (Bendtsen e Senft, 1986). As características anatômicas da madeira como comprimento de fibra, espessura da parede, diâmetro do lume, proporção dos diversos tipos de células e tecidos, como vasos e parênquima apresentam algum tipo de relação com a densidade básica da espécie (Texeira, 2008). A densidade básica se correlaciona com as dimensões das fibras, maior espessura de parede celular e menor diâmetro de lume: por outro lado, a fibra que apresenta maior diâmetro de lume é, em geral, menos espessa (Barrichelo et al., 1983). Moreira (1999) observou que correlações estatísticas entre as propriedades mecânicas e muitas características anatômicas, principalmente a proporção de fibras e vasos, sendo o módulo de elasticidade à flexão elástica o que melhor se correlacionou com fibras, raios e o teor de lignina. Chimelo (1998) verificou elevada associação estatística entre as propriedades mecânicas e a densidade básica, especialmente em relação às propriedades de resistência à flexão estática, compressão paralela e transversal das fibras.

As madeiras utilizadas como estacas em cercas são, em sua maioria, oriundas do corte raso da vegetação em função da necessidade de preparação de novas áreas de plantio (Chaves et al., 2014). Estudos quanto à utilização e estratégias de uso dessas madeiras da caatinga em propriedades rurais são bastante reduzidos. A região é caracterizada pela utilização de estacas para ambas as espécies avaliadas. Contudo, devido à escassez de árvores de *S. brasiliensis* na Caatinga, o uso das estacas de *P. juliflora* tem sido massificado em função de sua disponibilidade e capacidade de rebrota. A presença de *Schinopsis brasiliensis* Engl. em cercas é frequente para algumas regiões brasileiras, apesar de serem reduzidos os registros de utilização de madeiras em

cercas no Brasil, principalmente para a região nordeste e no bioma Caatinga (Barros, 1985; Gabriel, 2005; Nascimento, 2007; Chaves et al., 2014). A espécie *Prosopis juliflora* (Sw.) DC é considerada invasora nas florestas de Caatinga (Zenni e Ziller 2011), ocorrendo em forma de maciços populacionais e afeta a composição florística local (Pegado et al., 2006). O gênero *Prosopis* apresenta adaptações ecológicas que têm favorecido essas leguminosas a ocuparem e dominarem regiões áridas, dada sua capacidade de resposta a herbivoria, tolerância à seca e solos salinos (Fagg e Stewart 1994).

O objetivo geral desse trabalho foi avaliar as características gerais físicas, químicas e anatômicas das estacas velhas e jovens das espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora*, utilizadas em cercas no Brasil, em especial nas propriedades rurais do Nordeste brasileiro para fins de orientações quanto ao seu uso. Através desses resultados poderemos compreender melhor suas qualidades e potencializar sua utilização, contribuindo para o uso sustentável das madeiras, recurso vegetal já tão escasso e superexplorado na região. A seguir, um resumo sobre as principais características observadas para essas duas espécies:

Espécie – *Prosopis juliflora* (Sw.) DC.

Conhecida popularmente como algaroba, algarroba, alfarroba e mesquita.

Características Botânicas: O gênero *Prosopis* se distribui nas Américas, no continente Africano e na Ásia (EMBRAPA, 2009), sendo a espécie *P. juliflora* nativa dos Estados Unidos e México (Lorenzi et al., 2003). Na América estão as maiores concentrações dessa espécie ocorrendo em regiões ocidentais mais secas indo dos Estados Unidos até a Patagônia Argentina, onde 70% das espécies do gênero estão na América do Sul e 93% são nativas da Argentina (EMBRAPA, 2009). Em geral, suas árvores são de grande porte, podendo apresentar 6-15 m de altura, com tronco ramificado com diâmetro à altura do peito, variando entre 40 cm a 80 cm e copa com 8 a 12 m de diâmetro.

Tronco-Casca: Dotada de tronco tortuoso com casca pardo-avermelhada, escamosa e espessa, apresentando ramagem aberta com espinhos axilares, às vezes inermes, formando copa alongada (Lorenzi et al., 2003; EMBRAPA, 2009).

Folhas-Flores (Espigas): Possui folhas bipinadas com folíolos linear-alongados e inflorescências axilares, cilíndricas (espigas) com flores verde-amareladas, pequenas, formadas em várias épocas do ano, porém, principalmente entre os meses de outubro a janeiro (Lorenzi et

al., 2003). A emissão de folhas novas se concentra no período de dezembro a maio (EMBRAPA, 2009). Em geral, apresenta dois períodos de floração e frutificação, sendo mais intenso na primavera (menor precipitação e déficit hídrico) podendo ocorrer também entre os meses de abril e junho (EMBRAPA, 2009).

Legumes: Produz vagens achatadas, curvadas, branco-amareladas, marcadas por depressões entre as sementes (Lorenzi et al., 2003; EMBRAPA, 2009).

Sementes: Um quilo de vagem proporciona em média 75-100g de sementes puras, sendo o período de coleta de sementes na região semiárida do nordeste entre os meses de setembro e dezembro, podendo ser armazenadas por mais de 10 anos, apresentando capacidade germinativa superior a 90% (EMBRAPA, 2009).

Características dendrológicas e empregos: Tem sido utilizada para arborização de ruas, melhoramento de pastagens, suporte à apicultura, assim como na produção de taninos e gomas (EMBRAPA, 2009). A espécie *P. juliflora* tem sido muito utilizada no nordeste desde sua introdução em Serra Talhada, Pernambuco, (1964) com sementes procedentes de Piura, no Peru. No Brasil, é encontrada principalmente no nordeste onde está presente em alguns remanescentes florestais e no interior de diversas propriedades rurais espalhadas pela Caatinga, sendo suas madeiras utilizadas principalmente na forma de mourões, estacas, lenha e carvão (EMBRAPA, 2009).

Dada sua atual importância na região nordeste, a espécie *P. juliflora* apresenta sua cultura bem generalizada, visto que resiste bem à seca, suportando tanto o déficit hídrico como as altas médias de temperatura registradas no semiárido nordestino. É considerada de crescimento rápido, podendo levar cerca de 10-12 anos para atingir circunferência de uso como estaca e 15-20 anos como mourão de cerca (EMBRAPA, 2009). Em condições ambientais desfavoráveis (solos rasos e de baixa capacidade hídrica) uma população de oito anos de idade (cerca de 280 árvores.ha⁻¹) atinge média de altura de 6,5 m, diâmetro de copa de 6,5 m e DAP de 16 cm, o que representa uma produção de lenha aproximada de 10 m³ lenha. ha⁻¹ (EMBRAPA, 2009).

Espécie: *Schinopsis brasiliensis* Engl.

Conhecida popularmente como Braúna, Baraúna, Quebracho, Braúna-parda e Braúna-do-sertão.

Características Botânicas: Espécie nativa do Brasil com ocorrência no Nordeste até o norte de Minas Gerais e Goiás na Caatinga, penetrando a oeste até Mato Grosso (Pantanal) e Rondônia (Lorenzi, 2008). Árvore em geral de grande porte, espinhenta com altura variando entre 10-12 m e tronco com diâmetro de 50-60 cm revestido por casca espessa. Planta decídua, heliófita e seletiva higrófila, presente principalmente em várzeas de regiões semiáridas sendo mais frequente em solos calcários ocorrendo em afloramentos pedregosos (Lorenzi, 2008).

Tronco-Casca: Apresenta casca espessa com ritidoma escamoso e ramos providos de espinhos fortes de até 3,5 cm (Lorenzi, 2008).

Folhas-Flores (Espigas): Folhas compostas imparipinadas, com 9-17 folíolos subcoriáceos por 2 cm de largura. Inflorescências em panículas terminais com flores amareladas. Essa espécie é considerada decídua, apresentando florescimento no final da estação chuvosa, sendo mais frequente entre junho-setembro. Suas flores são melíferas (Lorenzi, 2008).

Frutos: Apresentam frutos do tipo sâmara, amadurecendo predominantemente em outubro-novembro (Lorenzi, 2008).

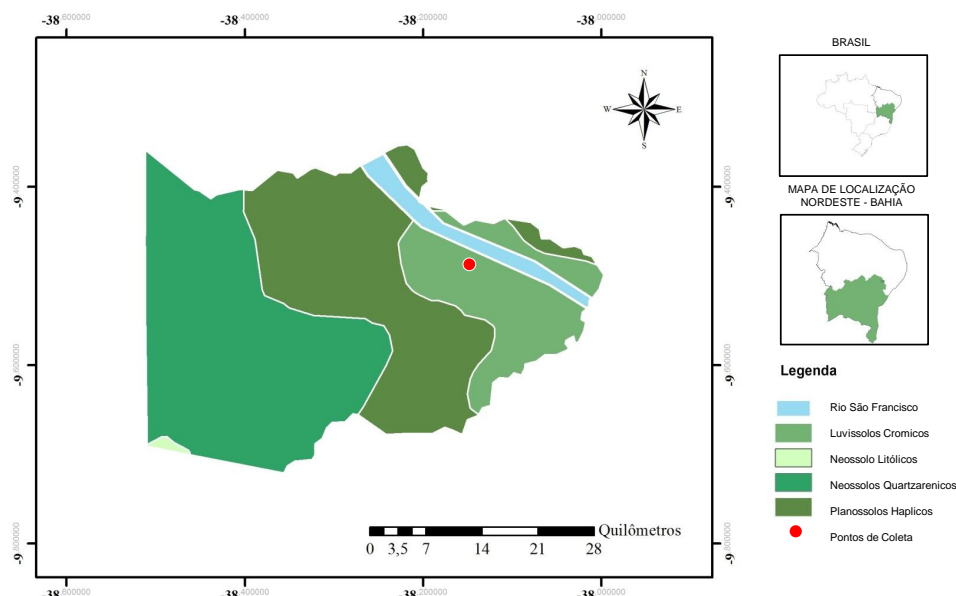
Sementes: Possui sementes envoltas por um tegumento lenhoso (caroço) de difícil rompimento, apresentando taxa de germinação geralmente baixa com desenvolvimento médio das plantas (Lorenzi, 2008).

Características dendrológicas e Empregos: Madeira escura forte, pesada com densidade de 1,23 g/cm³, extremamente dura e altamente resistente à decomposição quando em ambiente externo devido à presença de grandes quantidades de resinas e taninos em seu cerne (Lorenzi, 2008). A espécie *S. brasiliensis* se destaca no nordeste onde está presente em alguns remanescentes florestais, sendo sua cultura bem generalizada nessa região por resistir bem à seca e apresentar durabilidade naturalmente elevada, sendo, por isso, muito utilizada na forma de mourões, estacas, dormentes, lenha e carvão. É considerada excelente para usos externos bem como para arborização urbana de grandes avenidas e parques (Lorenzi, 2008). Apresenta crescimento lento, podendo levar cerca de 15 anos para atingir circunferência de uso como estaca em cerca e até 20-25 anos como mourão. Não apresenta facilidade quanto a sua capacidade de rebrotação de toco ou raízes (EMBRAPA, 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

Para a realização desse trabalho foram coletadas amostras de estacas mortas oriundas das cercas e de estacas de indivíduos vivos obtidos de árvores presentes nas propriedades rurais visitadas no município de Paulo Afonso, Bahia, Brasil (09°30'50.37"S, 38°09'22.15"O) (Fig. 2.4.1). Foram selecionados dois indivíduos por espécie-tipo de estaca para as espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora*, presentes tanto na forma de estacas mortas como também presentes em árvores vivas para as 20 propriedades rurais visitadas e avaliadas. Todo esse procedimento foi devidamente autorizado a partir de entrevista realizada mediante autorização prévia do proprietário e ou residente que foi informado sobre os objetivos do trabalho assinando o termo de consentimento livre e esclarecido (TCLE), devidamente registrado e autorizado através da Plataforma Brasil, via certificado de apresentação para apreciação ética (CAAE) consubstanciado do CEP, sob o número 1.516.357. O clima da região é semiárido seco e quente, Bsh (Köppen, 1948) com precipitação média anual variando entre 300-1000 mm (Sampaio, 2010) e temperatura média do ar entre 17-33°C. Os solos da Caatinga que predominam na região de estudo são luvisolos crômicos, neossolos quartizarênicos e planossolos háplicos.

Figura 2.4.1: Mapa de Solos do município de Paulo Afonso, Bahia (Bacia hidrográfica do baixo São Francisco). Em vermelho a localização aproximada das áreas de estudo das propriedades rurais que foram visitadas no município de P. Afonso, Bahia.



Fonte: Adaptação (autor) a partir de informações obtidas através da EMBRAPA Solos (<http://www.uep.cnps.embrapa.br/solos/index.php?link=ba>).

Identificação botânica e preparo das amostras

A identificação das estacas (espécie) presentes nas cercas utilizadas ocorreu através de incursões, utilizando a técnica da turnê-guiada (Montenegro 2001), com o auxílio dos informantes, que identificaram em campo os seus nomes vernaculares (Nascimento 2007; Chaves et al., 2014), assim como as respectivas árvores correspondentes à espécie indicada para comparações e auxílio na identificação (Mori et al., 1989). A confirmação da espécie se deu a partir da coleta de discos de madeira (2 cm de espessura) de um ou dois indivíduos de cada estaca da cerca (etnoespécie), onde foram realizadas análises macroscópicas da estrutura anatômica do lenho dessas madeiras utilizadas na sua identificação. O material testemunho encontra-se no Laboratório de Anatomia Vegetal e Dendrocronologia (LAVD) da Universidade Federal de Sergipe (UFS). A determinação do nome das espécies e dos autores seguiu as regras do International Plants Names Index - IPNI (2013) e do Missouri Botanical Garden – MOBOT (2014).

Foram retirados um a dois discos com aproximadamente 2 cm de espessura para cada estaca (morta/velha e de árvores vivas/jovens) de *S. brasiliensis* e *P. juliflora* presentes nas propriedades rurais, para posterior seleção (ao acaso) e execução das análises físicas e químicas (orgânicas e carvão). Também foram coletadas 4 estacas inteiras (com aproximadamente 2,00 m de comprimento e circunferência média à altura do peito de 30 cm) de indivíduos mortos (estacas velhas) e de árvores vivas (estacas jovens) para cada espécie, para fins de produção de amostras utilizadas nos testes mecânicos. Inicialmente, foram feitas as mensurações das porcentagens de cerne e alburno de cada disco, antes que fossem realizadas as demais análises.

A partir da seleção (ao acaso) de dois discos de diferentes tipos de estaca (velhas e jovens) para cada espécie avaliada, foram retiradas de todos os discos duas cunhas opostas, utilizadas para a determinação da densidade básica da madeira. Desse modo, o restante do disco foi seccionado, sendo uma parte destinada à determinação da composição elementar e outra à composição química semelhante ao descrito por Castro (2011). As estacas retiradas das propriedades foram transportadas à Universidade Federal de Viçosa-MG, ao laboratório de Propriedades da Madeira, onde foram devidamente preparados os corpos de prova utilizados para análises químicas e físicas/mecânicas.

Relação cerne/alburno

A determinação da porcentagem de cerne e alburno foi obtida a partir da marcação de duas retas perpendiculares nos discos de madeira, correspondentes às espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora*, passando sobre sua medula. A partir dessas marcações, fez-se a medida da distância das bordas até o início do cerne, nas duas extremidades da reta. A mudança do alburno para cerne foi verificada através do uso estereomicroscópio com aumento entre 10x a 40x para identificar e demarcar os limites anatômicos correspondentes. A porcentagem do alburno foi calculada subtraindo-se da área total a área do cerne. A relação cerne/alburno foi definida dividindo-se a área do cerne pela área do alburno. Todo esse procedimento foi realizado a partir de adaptação de metodologia proposta por Castro (2011).

Densidade básica da madeira

A partir das cunhas opostas retiradas dos discos de madeira das estacas mortas (estacas velhas), assim como das amostras de árvores vivas (estacas jovens) obtidas para *S. brasiliensis* e *P. juliflora*, estas foram identificadas e destinadas à análise através do método de imersão em água, seguindo os procedimentos descritos por Vital (1984), onde os valores foram calculados a partir da média aritmética das densidades das respectivas cunhas avaliadas. Todo esse procedimento foi realizado a partir de adaptação de metodologia proposta por Castro (2011).

Composição química da madeira

Materiais remanescentes dos discos das estacas de *S. brasiliensis* e *P. juliflora* utilizados para obtenção das cunhas que serviram para a determinação da densidade foram devidamente identificados e transformados em serragem, utilizando-se um moinho de laboratório do tipo Wiley, de acordo com a norma 257 om-52. Coletou-se a fração que passou pela peneira número 16 internacional, com malha de 40 mesh e ficou retida na peneira número 24 internacional, com malha de 60 mesh. Os teores de extrativos da madeira foram determinados com duplicatas de acordo com a norma TAPPI 264 om-88 (TAPPI, 1998) utilizando o método de extrativos totais, apenas alterando o etanol/benzeno pelo etanol/tolueno. Os teores de lignina insolúvel foram determinados em duplicata pelo método de Klason, modificado de acordo com o procedimento proposto por Gomide e Demuner (1986), derivado da norma TAPPI 222 om-88. A lignina solúvel foi determinada por espectrometria, conforme Goldschimid (1971), a partir de diluição do filtrado proveniente do procedimento para obtenção da lignina insolúvel. A lignina total foi determinada

através da soma dos dois valores obtidos para a lignina insolúvel e solúvel, enquanto o teor de holoceluloses foi obtido através do somatório dos teores de extrativos e de lignina totais subtraído de 100. Todo esse procedimento foi realizado a partir de adaptação de metodologia proposta por Castro (2011) e realizado em laboratório de química estrutural da madeira do departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Propriedades do carvão

Para a realização das análises químicas relacionadas às estacas jovens e velhas para *S. brasiliensis* e *P. juliflora* quanto aos percentuais de cinzas, de carbono fixo e voláteis, foram utilizadas as amostras remanescentes dos discos de madeira utilizados para obtenção das cunhas que serviram para a determinação da densidade. A partir de sua identificação foram moídas e peneiradas a uma granulometria de aproximadamente 0,2 mm de acordo com a norma ABNT NBR 8112, com algumas adaptações para a determinação dos percentuais descritos acima em base seca (ABNT, 1986). O teor de materiais voláteis foi determinado pelo aquecimento do carvão a 950°C em forno mufla, onde as amostras foram colocadas em cadinhos tampados em seguida e levados à porta da mufla por dois minutos para aclimação e, posteriormente, para o seu interior por mais nove minutos, totalizando onze minutos. O teor de cinzas foi obtida após a combustão completa do carvão, através de aquecimento em forno mufla a 650°C durante 6 horas, sendo a massa de cinzas em relação à massa de carvão seco o próprio teor de cinzas. O teor de carbono fixo foi calculado através da soma dos teores de materiais voláteis e cinzas, subtraído 100. Todo esse procedimento foi realizado a partir de adaptação de metodologia proposta por Castro (2011) e realizado em laboratório de química estrutural da madeira do departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Propriedades mecânicas

Os ensaios de laboratório das estacas velhas e jovens das espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora* foram realizados com corpos de prova escolhidos ao acaso. Esses corpos de provas foram obtidos a partir das quatro estacas velhas (oriunda das cercas mortas) e das quatro estacas jovens (oriunda de árvores vivas) recolhidas das diferentes propriedades rurais avaliadas em Paulo Afonso, Bahia. Os corpos de prova utilizados para análises mecânicas foram preparados de acordo com a normativa da ABNT MB-26 (1940) e os ensaios foram realizados segundo a norma

NBR 7190 (1997). Adotou-se esse procedimento em função da conveniência de se utilizar corpos de prova com dimensões adequadas à realização dos testes, assim como pela disponibilidade do material original, de modo semelhante ao realizado por Texeira (2008). Os ensaios das características mecânicas executados foram: compressão paralela das fibras (CP); cisalhamento (CI) e flexão elástica (FE). Todos os resultados foram obtidos em daN/cm².

Características anatômicas

Para fins de descrição anatômica das madeiras de *S. brasiliensis* e *P. juliflora* utilizaram-se amostras retiradas dos discos remanescentes empregados para obtenção das cunhas usadas no cálculo da densidade básica (estacas jovens), provenientes de regiões radiais equidistantes com dimensões de 2,0 x 2,0 x 3,0 cm. As lâminas histológicas foram confeccionadas a partir de corpos de prova utilizados para a caracterização macroscópica, nos três planos de estudo, sendo amolecidos em água à ebulição; obtidos cortes histológicos (12-14 µm) com navalha de aço em micrótomo de deslize; armazenados entre lâminas de vidro-papel metálico; clarificados com água sanitária-água destilada (1:1); lavados em água destilada; desidratados em álcool (30/50%); coloridos com safranina (30/70%); desidratados em uma série alcoólica (50/100%) de acetato e álcool (1:1) e, acetato de N-Butila; selecionados os melhores cortes e montados em lâmina de vidro com Entelam, cobertos com lamínula (Johansen, 1940; Sass, 1951).

Para a descrição anatômica qualitativa das madeiras avaliadas (estacas jovens e velhas) foram retirados cortes histológicos dos três planos fundamentais de cada amostra transversal, longitudinal tangencial e longitudinal radial, segundo IAWA (1989) e as normas de procedimentos em estudos de anatomia de madeira do IBAMA (Coradin e Muniz, 1992) que foram colocados em tubos de ensaio, com solução de peróxido de hidrogênio (Dadswell, 1972) e, em seguida, foram montadas lâminas temporárias medindo-se trinta fibras para cada dois indivíduos diferentes por espécie em função do tipo de estaca, determinando-lhes o comprimento, largura, diâmetro do lume e espessura da parede. Para essas medições utilizou-se um microscópio óptico acoplado a um sistema de captura de imagens, o que possibilitou a visualização das fibras no monitor e posterior captura da imagem através do software Axion-Vision. Os cortes foram feitos através de micrótomo de deslize. Todo esse procedimento foi realizado a partir de adaptação de metodologia proposta por Texeira (2008) e realizado em laboratório de anatomia da madeira do departamento de Engenharia Florestal da Universidade Federal de Viçosa-MG.

Delineamento experimental

Para as análises da composição química e determinação das propriedades do carvão foram realizadas duas repetições para as espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora*, tanto para as amostras referentes às estacas mortas como para as de estacas oriundas de árvores vivas (estacas jovens). Os resultados obtidos para ambas as espécies testadas foram comparados com dados correspondentes para as mesmas características tecnológicas avaliadas, obtidas para outras espécies. Os dados das estacas foram submetidos a testes de normalidade e testes de correlação simples. Considerou-se sempre o nível de significância de 5%. Para a avaliação das intercorrelações existentes entre as propriedades da madeira em função das possíveis diferenças entre estacas velhas e jovens, foram aplicados os testes de Pearson para ambas as espécies. Os testes estatísticos foram realizados com o auxílio dos programas STATISTICA® 7 e PAST (Hammer et al., 2001).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Cerne/alburno

A Tabela 2.4.1 mostra a relação entre a média de cerne/alburno em função do tipo de estaca, se velha (EV) ou jovem (EJ) para as espécies *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

Tabela 2.4.1. Relação Média de cerne/alburno da madeira em função do tipo de estacas velhas (EV) e jovens (EJ) para as espécies *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

	<i>P. juliflora</i> EV	<i>S. brasiliensis</i> EV	<i>P. juliflora</i> EJ	<i>S. brasiliensis</i> EJ
AS	0,014	0,0	0,008	0,014
CRN	0,005	0,018	0,001	0,002
ALB	0,009	0,0	0,007	0,012
%CRN	38,735	100	6,570	15,580
%ALB	61,265	0,0	93,430	84,420
C/A	0,641	0,0	0,070	0,180

Nota: AS = área seccional média do disco sem casca (m²); CRN = área ocupada pelo cerne (m²); ALB = área ocupada pelo alburno (m²); %CRN = porcentagem de cerne; % ALB = porcentagem de alburno; C/A = relação cerne/alburno; DEN = densidade básica (g/cm³).

A porcentagem média de cerne (Tabela 2.4.1) observada para as estacas velhas de *S. brasiliensis* foi de 100%, enquanto nas estacas jovens apresentou média de cerne de 15,6%, o que demonstra mudanças na estrutura da madeira em função do tempo, assim como ação de agentes de biodegradação, como fungos, cupins e brocas a partir do envelhecimento dessas estacas nas

cercas (ambiente natural). As estacas velhas de *P. juliflora* não apresentam o mesmo comportamento, já que o percentual médio de cerne foi de 38,7%, enquanto nas estacas jovens a média foi de 6,6%, valores bem inferiores aos observados para *S. brasiliensis*. No entanto, em ambas as espécies, os valores correspondentes aos percentuais de alburno para as estacas jovens foram relativamente próximos (84,4% *S. brasiliensis*; 93,4% *P. juliflora*) diferindo em apenas 9,6%. A relação cerne/alburno das estacas jovens demonstra que *S. brasiliensis* apresenta maior percentual (0,18) em relação a *P. juliflora* (0,07). Contudo, ao observarmos os percentuais referentes às estacas velhas, sujeitas à ação do tempo e desgaste natural de suas madeiras associados à ação de agentes biodegradantes, a relação cerne/alburno se mostra invertida, sendo *P. juliflora* a espécie com maior relação 0,64 em comparação a *S. brasiliensis* (0,0).

Segundo Haselein et al., (2004), a maior ou menor porcentagem de cerne e alburno auxilia na definição do uso da madeira, sendo que, quanto maior for a porcentagem de alburno na árvore, melhor será a sua capacidade de impregnação com produtos preservativos (Gonçalves et al., 2010). A madeira de cerne geralmente apresenta maior densidade, maior durabilidade natural e coloração mais escura quando comparada à madeira de alburno, em função das composições químicas e físicas na madeira de cerne e alburno possibilitarem a formação de produtos finais com características completamente distintas (Trugilho e Silva, 2001). Uma maior relação cerne/alburno pode dificultar a secagem da madeira visto que o cerne é impermeável o que dificulta a passagem de água das partes mais internas para as externas podendo provocar rachaduras (Galvão e Jankowsky, 1985).

Gonçalves et al., (2010) verificou em *Mimosa caesalpiniaefolia* porcentagem média de 41,1% de cerne e 58,9% de alburno ressaltando que a alta porcentagem de alburno pode ser atribuída à idade das árvores (jovens). Arantes (2009) observou para *Eucalyptus greis* x *Eucalyptus urophylla* porcentagem média de cerne de 35% e de Alburno 65%, ou seja, relação de cerne/alburno de 0,54%. Para Castro (2011), a produção de cerne ocorre à medida que a árvore envelhece e deixa de ser útil como tecido de condução, em função da morte de células parenquimáticas. Durante esse processo, ocorre a formação de tiloses em diversas espécies, o que corresponde à entrada de células de parênquima no lume dos vasos mortos devido a uma diferença de pressão, o que promove a obstrução dessas células (Raven et al., 1996), podendo o déficit hídrico estar associado à formação desse tipo de estrutura em função da deficiência na

absorção de água pelas raízes ocasionar injúrias em determinados pontos da região cambial (Cosmo et al., 2010).

A formação de tiloses é característica de *S. brasiliensis* (CNIP, 2014), tendo sido identificada e evidenciada através do trabalho realizado por Cardoso (2014), onde, em seu cerne, a maioria dos vasos encontrava-se obstruída por tiloses, formados durante o processo de cernificação após a morte celular. A formação de tilos pode ocorrer para evitar o processo de cavitação, mantendo a estrutura das células mortas preservada e garantindo maior proteção à passagem de fungos e outros microorganismos que possam degradar a madeira (Costa et al., 2006; Botosso, 2009; Castro, 2009; Cardoso, 2014).

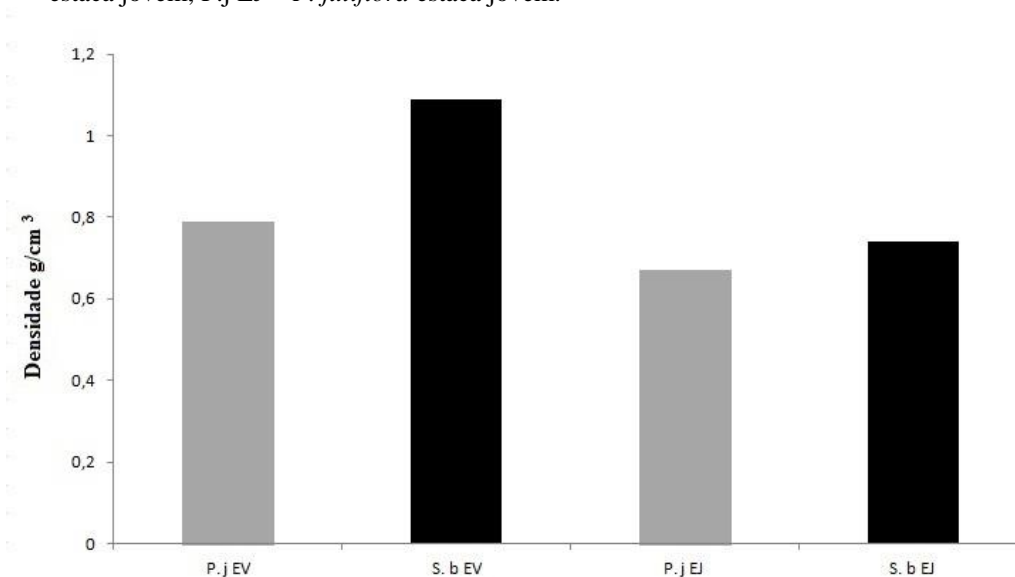
A relação cerne/alburno (Tabela 2.4.1) das estacas de *S. brasiliensis* e *P. juliflora* apresentam diferentes resultados em relação às espécies avaliadas. Através da correlação de Spearman, foi possível verificar que há correlação positiva significativa entre as características das relações do cerne/alburno entre as estacas jovem de *S. brasiliensis* e estaca velha *P. juliflora* (0,99) e entre estaca velha e jovem de *P. juliflora* (0,99), não sendo significativas as correlações entre as estacas velhas e jovens de *S. brasiliensis* ou mesmo entre estacas velhas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Essa análise indica que, mesmo jovens, as estacas de *S. brasiliensis* possuem características muito próximas às estacas velhas de *P. juliflora*, da mesma forma que as estacas jovens e velhas de *P. juliflora* foram semelhantes entre si. No entanto, o resultado de intercorrelação entre as estacas velhas e jovens para *S. brasiliensis* evidencia como a sua madeira sofre profundas mudanças estruturais a ponto de não apresentar resultado significativo quando comparadas entre si. Esse resultado auxilia no entendimento da influência da formação do cerne para *S. brasiliensis* de modo a proporcionar-lhe “melhores” características morfológicas quanto à durabilidade natural de suas madeiras em comparação com as estacas de *P. juliflora*.

Densidade básica da madeira

Os valores médios observados para a densidade básica das estacas velhas e jovens foram de: *P. juliflora* estaca velha = 0,79 g/cm⁻³ e estaca jovem = 0,67 g/cm⁻³; *S. brasiliensis* estaca velha = 1,09 g/cm⁻³ e estaca jovem = 0,74 g/cm⁻³ (Gráfico. 2.4.1).

Gráfico 2.4.1. Medidas das densidades básicas médias para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



Os valores de densidade básica observados para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* demonstraram diferenças representativas entre si, principalmente comparando-se a diferença entre o valor da densidade básica de *S. brasiliensis* estaca velha em relação a sua estaca jovem que foi de 32%. Essa diferença foi inferior quando comparados os valores de densidade básica para as estacas de *P. juliflora*, o que correspondeu a 15%. A densidade básica de *S. brasiliensis* descrita na literatura é de $1,23 \text{ g/cm}^{-3}$ (CNIP, 2013), enquanto *P. juliflora* apresenta densidade básica de $0,93 \text{ g/cm}^{-3}$ (Gomes et al., 2007), valores superiores aos observados para as estacas estudadas. Gonçalves et al., (2010), também constatou diferenças entre os valores de densidade básica para *Mimosa caesalpiniaefolia* em região semiárida, onde essa espécie apresentou densidade básica média de $0,78 \text{ g/cm}^{-3}$, valor médio inferior ao observado por Ribaski et al., (2003), que foi de $0,86 \text{ g/cm}^{-3}$ ou mesmo por Paula (1980) $1,10 \text{ g/cm}^{-3}$.

A diferença quanto aos valores de densidade básica podem ocorrer em função das madeiras sofrerem rápidas mudanças estruturais, o que pode provocar aumentos de densidade durante a fase juvenil seguidos de um crescimento intermediário até ficar razoavelmente constante na fase adulta (Panshin e De Zeeuw, 1980). Acredita-se que essas diferenças possam estar relacionadas à variação de idade entre as estacas (velhas e jovens), bem como à natureza dos discos de madeira quanto à homogeneidade das direções radial ou axial, em função da localização do cerne e do alburno, em especial nas estacas velhas por estarem sujeitas à ação de agentes de

biodegradação e consequente desgaste desigual sofrido, principalmente pela região do alburno entre as duas espécies avaliadas. É natural que ocorra um aumento da densidade básica à medida que observa-se o envelhecimento das árvores, como observado por Trugilho et al., (1996), em *Eucalyptus salina*, não sendo a densidade homogênea em relação à madeira em função da direção radial ou axial como também foi verificado por Gonçalves et al., (2010), em *Mimosa caesalpiniaefolia*. Segundo Vital (1984), há uma tendência de a densidade básica aumentar com a maturidade da árvore em função do aumento da espessura da parede celular e diminuição da largura de suas células.

Análise química

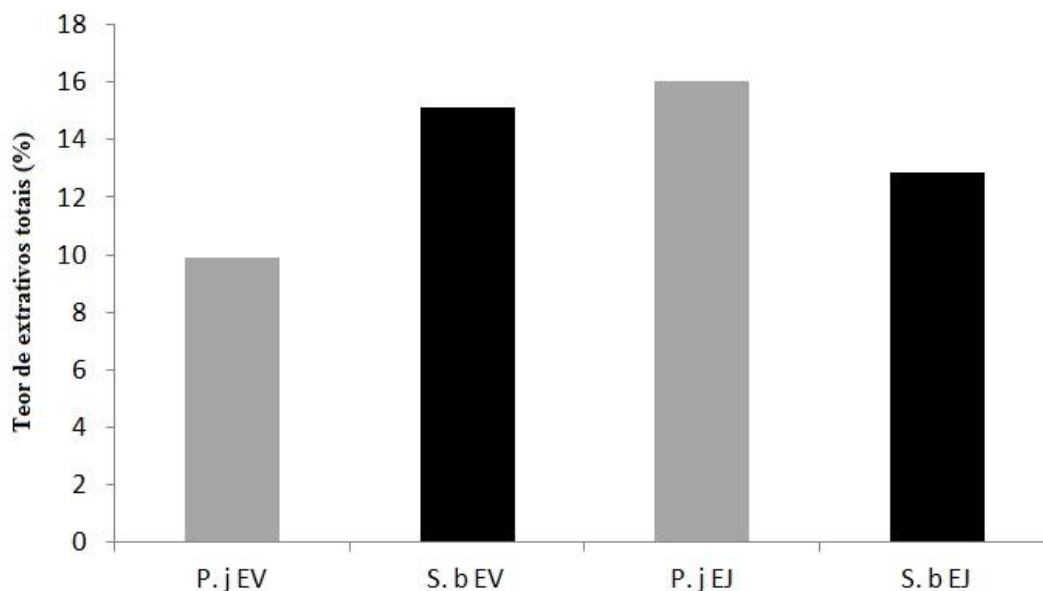
Extrativos

Os resultados químicos (Tabela 2.4.2) observados para as estacas velhas e jovens das espécies *P. juliflora* e *S. brasiliensis* demonstraram expressivas diferenças quanto ao teor de extrativos totais entre as estacas, principalmente em função da idade quanto à exposição à biodegradação dessas madeiras nas cercas. Os valores médios do teor de extrativos totais (Gráfico 2.4.2) mostraram que as estacas de *P. juliflora*, ao mesmo tempo em que apresentaram os menores valores médios (9,89% para estacas velhas), também são as que registraram os maiores valores médios (16,05% estacas jovens) em comparação às estacas de *S. brasiliensis*, que apresentaram valores inversos e inferiores, em relação às estacas velhas (15,11%) e jovens (12,87%). Esse resultado corrobora com a descrição observada para as mudanças de cerne e alburno constatadas anteriormente entre estacas.

Tabela 2.4.2. Teor de Extrativos totais da madeira para as estacas velhas e jovens das espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora*.

Amostra	Repetições	Teor de Extrativos totais (%)
<i>S. brasiliensis</i>	A	15,04
Estaca velha	B	15,18
<i>S. brasiliensis</i>	A	12,86
Estaca jovem	B	12,88
<i>P. juliflora</i>	A	9,98
Estaca velha	B	9,80
<i>P. juliflora</i>	A	16,00
Estaca jovem	B	16,10

Gráfico 2.4.2. Medidas médias do teor de extrativos totais para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



Segundo Castro (2011), teores de extrativos da madeira estão diretamente relacionados à geração de energia através da sua queima direta, dada a volatilidade da maioria desses elementos. Os resultados de teores de extrativos totais observados para as estacas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* podem ser considerados elevados quando comparados às outras espécies descritas pela literatura. Trabalho realizado por Gonçalves et al. (2010), com *Mimosa caesalpiniaefolia*, registrou valores médios de extrativos na ordem de 9%. Valores médios de extrativos encontrados em *Eucalyptus sp.* estão entre 1,76% a 4,13%, com valor médio de 3,01% segundo Gomide et al., (2005). Santana (2009), estudando híbridos de *Eucalyptus greis* x *Eucalyptus urophylla* observou aumento dos extrativos à medida que há o aumento da idade, com valores variando entre 3,10% a 4,36%. Silva (2011), para os mesmos híbridos *E. greis* x *E. urophylla*, verificou valores entre 4,23% a 5,74%, que também aumentaram em função do incremento da idade. Castro (2011) observou resultados semelhantes aos descritos anteriormente, variando entre 2,37% a 4,68%, contudo diferentes dos verificados por Oliveira et al., (2010), que demonstraram valores de 4,53%, bem superiores em relação à média.

Lignina insolúvel, solúvel e total

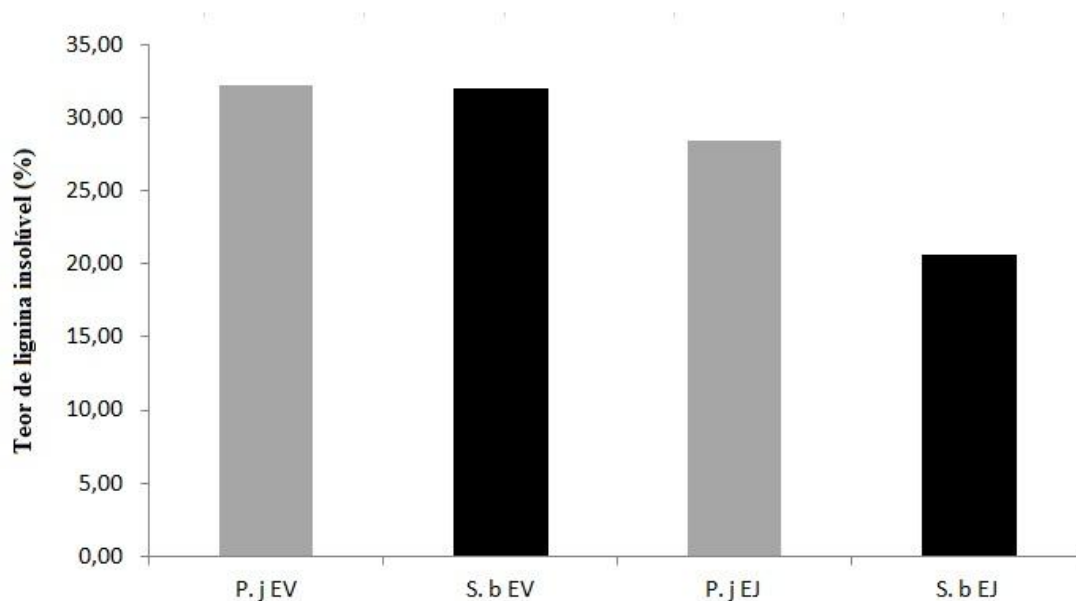
Os resultados observados para os teores de lignina insolúvel (Tabela 2.4.3) demonstraram que praticamente não há diferença entre os percentuais médios para *P. juliflora* e *S. brasiliensis* enquanto estacas velhas.

Tabela 2.4.3. Teor de lignina insolúvel e solúvel da madeira para as espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora* em função das estacas velhas e jovens.

Amostra	Repetições	Teor lignina insolúvel (%)	Teor de lignina solúvel (%)
<i>S. brasiliensis</i>	A	31,69	1,32
Estaca velha	B	32,31	1,33
<i>S. brasiliensis</i>	A	20,27	2,48
Estaca jovem	B	21,01	2,48
<i>P. juliflora</i>	A	32,64	1,06
Estaca velha	B	31,74	1,08
<i>P. juliflora</i>	A	27,79	1,44
Estaca jovem	B	29,01	1,32

No entanto, é possível perceber relativa diferença (27%) entre os teores de extrativos quando se compara a estacas jovens (Gráfico 2.4.3), sendo *P. juliflora* a que registrou os maiores valores médios (28,40%) em comparação à *S. brasiliensis* (20,64%). Em comparação com outras espécies descritas pela literatura, os valores relativos ao teor de lignina insolúvel, observado para *P. juliflora* e *S. brasiliensis*, foram superiores quando avaliadas as estacas velhas, e inferiores para estacas jovens de *S. brasiliensis* (valor médio de 20,64%). Trugilho et al., (2001), observaram teores de lignina insolúvel entre 27,93% a 32,75% para *E. greis*, e 30,10% a 30,62% para *E. saligna*. Esses valores foram semelhantes aos obtidos por Castro (2011) que obteve teores entre 26,87% a 30,81%, assim como Arantes (2009) que obteve teor médio de lignina insolúvel de 26,97%. Contudo, esses valores diferem com os resultados de Gomide et al., (2005), que observaram teores de lignina insolúvel menores, entre 22,4% a 28,6%, ainda superiores aos observados para *S. brasiliensis* estaca jovem, contudo semelhante à média observada para *P. juliflora* estaca jovem, que foi de 28,40%.

Gráfico 2.4.3. Médias dos teores de lignina insolúvel para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.
 Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.

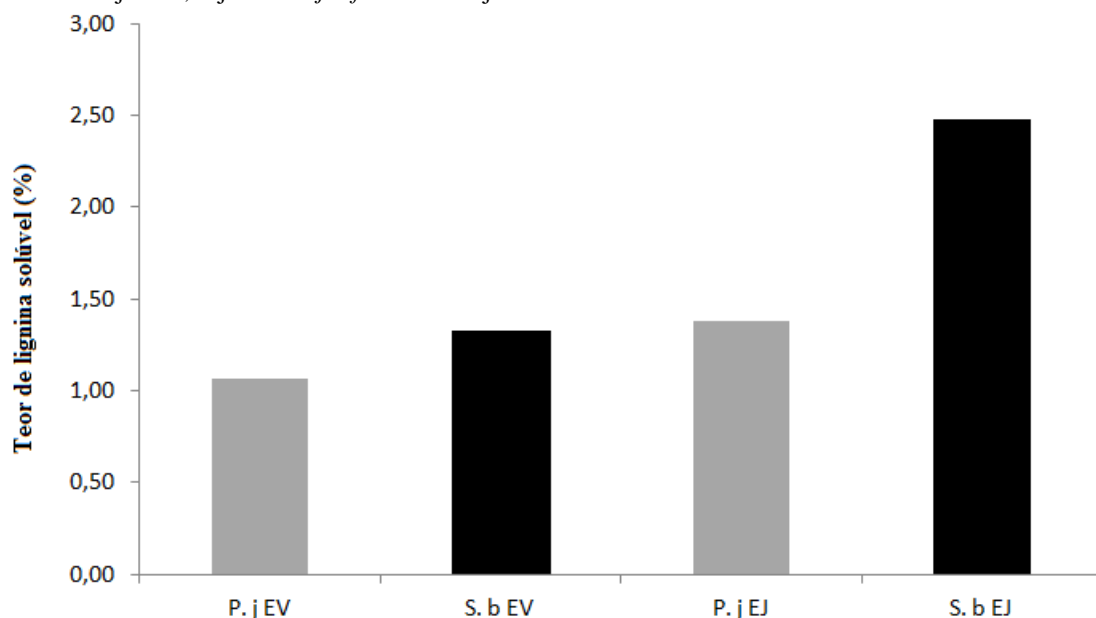


Quanto aos teores de lignina solúvel obtidos para *P. juliflora* e *S. brasiliensis* (Tab. 2.4.3), verifica-se que os menores percentuais ocorreram nas estacas velhas para ambas as espécies, enquanto os maiores valores percentuais foram observados nas estacas jovens. Esse resultado está de acordo com o predito pela literatura em função da tendência natural de redução do teor de lignina solúvel à medida que ocorre o aumento de idade por parte das árvores. Trugilho et al., (2001), obtiveram para clones de *E. greis* teores de lignina solúvel entre 1,18% a 1,76%, enquanto para *E. saligna* valores entre 1,00% a 1,39%. No entanto, Gomide et al., (2005), observaram teores de lignina solúvel bem superiores para *Eucalyptus sp.* entre 3,1% a 5,1%. Arantes (2009) verificou entre *E. greis* x *E. urophylla* valores médios entre 3,01%, próximos aos valores obtidos por Castro (2011), variando entre 3,01% a 4,01%, que também percebeu uma tendência de redução no teor de lignina solúvel com o aumento de idade para três híbridos de *Eucalyptus sp.*

As estacas jovens de *S. brasiliensis* (Gráfico 2.4.4) são as que apresentaram o maior percentual médio quanto ao teor de lignina solúvel, com expressiva diferença (44%) entre o mesmo tipo de estaca para *P. juliflora*. Contudo, essa diferença mostra-se reduzida ao comparar-se os teores de lignina solúvel entre *S. brasiliensis* e *P. juliflora*, passando para 19%. Esse comportamento biológico verificado para *S. brasiliensis* pode estar associado a sua capacidade

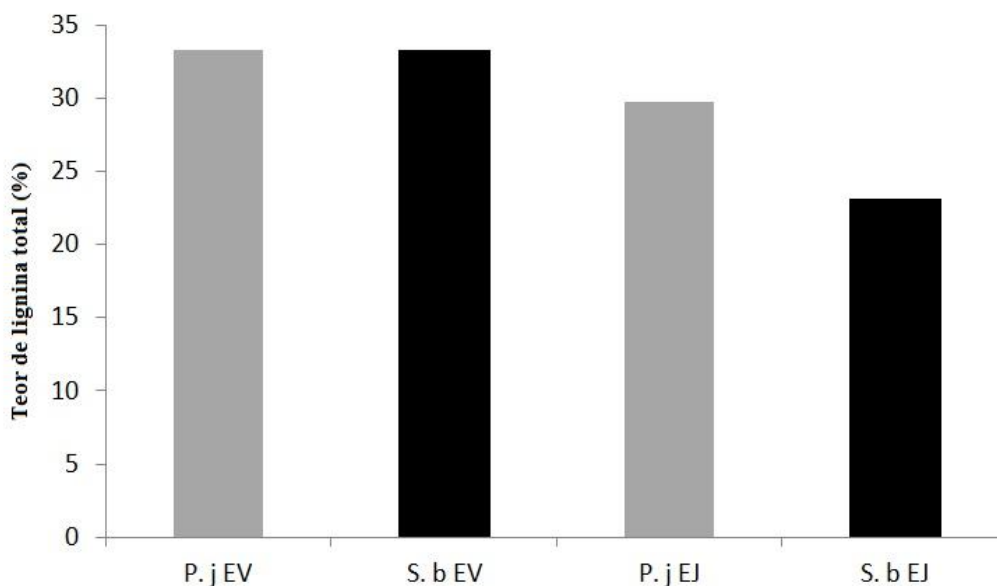
adaptativa de acumular reservas orgânicas. Isso pode estar associado com a formação das tiloses, já que, à medida que se dá o envelhecimento natural das células de *S. brasiliensis*, esses componentes podem estar contribuindo para sua maior resistência a biodegradação (Cardoso, 2014). As tiloses, no entanto, devem proporcionar maior resistência mecânica à madeira das estacas, mantendo-as durante muito mais tempo em uso nas construções rurais. A presença de grande quantidade de tiloses no cerne pode estar associada ao impedimento dos processos de cavitação (bolhas de ar dentro dos vasos que ocorrem em espécies submetidas a déficit hídrico), evitando assim a passagem de seiva e consequentemente de fungos entre outros micro-organismos, contribuindo para a preservação da integridade de sua madeira (Costa et al., 2006; Botosso, 2009; Castro, 2009; Cardoso, 2014).

Gráfico 2.4.4. Médias dos teores de lignina solúvel para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.
Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



Quanto ao teor de lignina total (Gráfico 2.4.5) observado para as estacas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*; para as estacas velhas de ambas as espécies ocorreram valores muito próximos entre si (*P. juliflora*: 33,27%; *S. brasiliensis*: 33,33%). Contudo, observando o percentual de lignina total para estacas jovens isso não ocorre, visto que as estacas de *S. brasiliensis* apresentaram valores (23,13%) inferiores em 22% para *P. juliflora* (29,78%).

Gráfico 2.4.5. Médias dos teores de lignina total para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



Os valores observados para as estacas velhas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* foram semelhantes aos teores de lignina totais quando comparados aos valores obtidos por Castro (2011), que foram entre 30,73% a 33,82%. Da mesma forma, também foram semelhantes aos obtidos por Santos (2010) com clones de *Eucalyptus sp.* tendo verificado valores médios entre 32%, assim como Rocha (2011), que registrou valores médios de 31,56% para as espécies *E. greis* e *E. camaldulensis*. No entanto, Gomide et al., (2005), obtiveram valores inferiores quanto ao teor de lignina total presentes para clones de *Eucalyptus sp.* variando entre 27,5% a 31,7%, com valor médio de 29,3%. Os valores médios observados para o teor de lignina total para as estacas jovens de *S. brasiliensis* (23,13%) se aproximam mais dos resultados obtidos por Gonçalves et al., (2010), que destacaram para a espécie *Mimosa caesalpiniaefolia* valores de 24,56%. Para Gonçalves et al., (2010), valores médios em torno de 25% para teores de lignina totais se encontraram dentro dos valores normalmente verificados para folhosas.

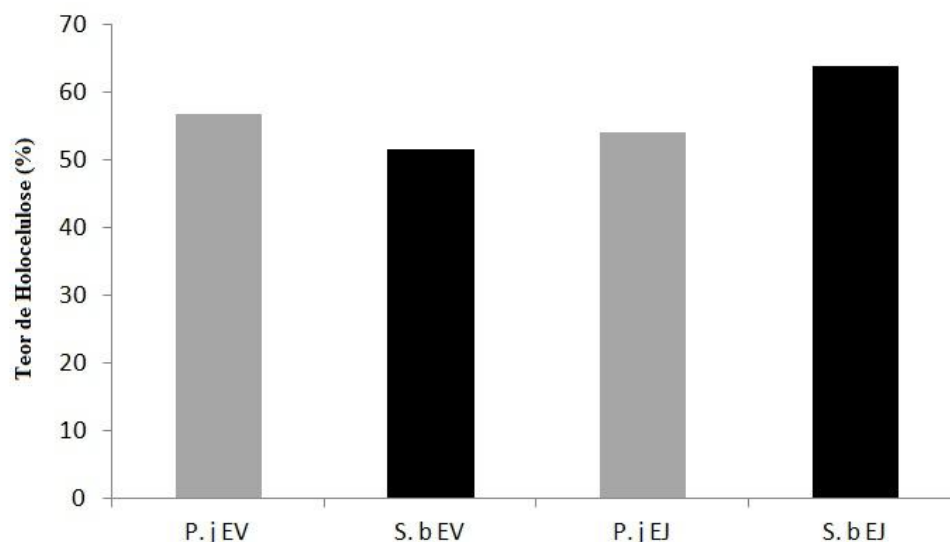
Os resultados obtidos por Gomide et al., (2005), com valores inferiores ao descrito pela maior parte da literatura especializada, ocorreram possivelmente porque suas amostras tiveram origem em empresas especializadas, comercialmente na utilização do *Eucalyptus*, o que está associado a contínuos processos de melhoramento genético desses indivíduos, em função do uso comercial da celulose (Castro, 2011). O resultado para lignina nas estacas jovens de *S.*

brasiliensis indica potencial capacidade dessa espécie quanto ao seu aproveitamento para a produção de energia. A lignina é a principal responsável pelo maior rendimento gravimétrico em função da sua elevada resistência à degradação térmica (Santos, 2010).

Holoceluloses

Os percentuais verificados para as estacas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* (Gráfico 2.4.6) demonstraram que ambas as espécies possuem diferentes respostas em função da sua condição enquanto estaca jovem ou estaca velha. As estacas jovens de *S. brasiliensis* foram as que apresentaram os maiores valores percentuais médios para o teor de holoceluloses (63,99%), enquanto *P. juliflora* estacas jovens registrou valores inferiores (54,15%), no entanto, superiores aos das estacas velhas de *S. brasiliensis* (51,54%). *P. juliflora* estaca velha apresentou teores de holoceluloses superiores (56,83%), diferentemente do observado para *S. brasiliensis* que registrou teores de holoceluloses menores (20%). Esse tipo de resposta é condizente com os resultados obtidos para os teores de lignina total (Fig. 6), visto que o teor de holoceluloses é inversamente proporcional ao de lignina, dessa forma, quanto menor o teor de holoceluloses melhor será o aproveitamento energético dessa madeira em função do maior teor de lignina (Castro, 2011). Isso corrobora para a maior capacidade energética das estacas velhas de *S. brasiliensis* em comparação com as de *P. juliflora*.

Gráfico 2.4.6. Percentuais (%) médios do teor de holoceluloses para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



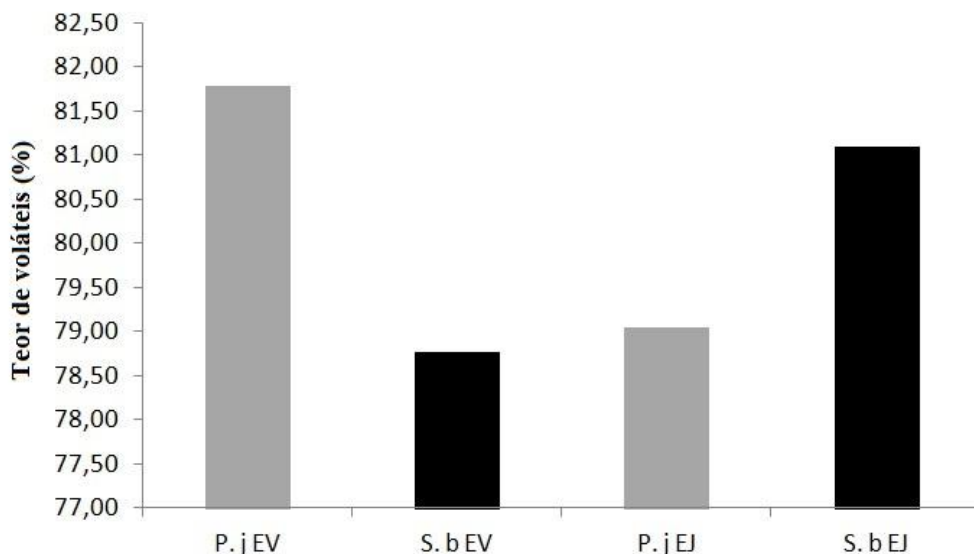
Os resultados obtidos para os teores de holoceluloses demonstraram que as estacas de *S. brasiliensis* e *P. juliflora* se destacam quanto às propriedades químicas potenciais para a produção de energia, em função dos valores observados para os teores de holoceluloses (Gráfico 2.4.6), bem como para os de lignina total (Gráfico 2.4.5). Isso se dá em função dos percentuais inferiores encontrados para ambas as espécies avaliadas quando comparadas aos resultados descritos para outras espécies comumente utilizadas para esse fim. Podemos destacar, por exemplo, os valores de holoceluloses observados por Castro (2011) para híbridos de eucaliptos que variaram entre 61,88% a 65,41%, percentuais superiores a todas as estacas velhas de ambas as espécies e estaca jovem de *P. juliflora*, sendo *S. brasiliensis* estaca jovem a única com percentuais dentro da média indicada por Castro (2011). Isso fica mais evidente quando se compara esses resultados com os obtidos por Santos (2010) para clones de eucaliptos (média de 65,0%) e Frederico (2009) para *Eucalyptus sp.* (médias entre 68,71% e 69,94%). Gonçalves et al., (2010), para *Mimosa caesalpiniaefolia* apresenta média de celulose na ordem de 32,76% enquanto hemiceluloses de 33,23%, o que, se considerarmos a soma desses valores (celulose + hemiceluloses), o valor médio de holoceluloses seria de 65,99%, sendo também superior aos obtidos para *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

Carvão vegetal

Teor de voláteis

Os resultados obtidos para os teores de voláteis (Gráfico 2.4.7) presentes nas estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* demonstraram valores muito elevados em comparação às outras espécies usualmente utilizadas como fonte de carvão vegetal de uso industrial. Os maiores registros foram com as estacas jovens de *P. juliflora* (81,78%), demonstrando reduzida diferença percentual (3%) entre os diferentes tipos de estacas (jovens e velhas). Os valores observados para as estacas velhas de *S. brasiliensis* foram menores (78,76%).

Gráfico 2.4.7. Teor médio de voláteis do carvão vegetal para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



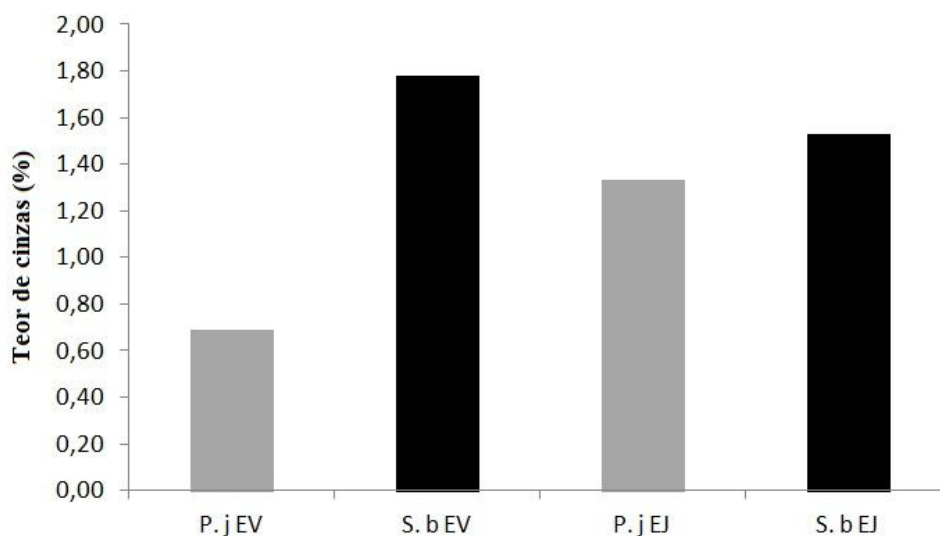
No entanto, vale destacar que as estacas de *S. brasiliensis* apresentaram comportamento inverso quanto às estacas de *P. juliflora*. Verificou-se (Gráfico 2.4.7) que os percentuais voláteis se invertem quando se compara as estacas jovens e velhas dessas espécies. *P. juliflora* estacas jovens (79,04%). Seus percentuais voláteis foram maiores para estacas velhas (81,78%), diferentemente de *S. brasiliensis*, que, enquanto estacas velhas (78,76%), apresenta menor valor percentual, sendo superior na condição de estacas jovens (81,09%).

Os resultados verificados para *P. juliflora* e *S. brasiliensis* foram bem superiores (66% a 88%) aos valores médios de voláteis descritos pela literatura consultada para espécies de uso comum como fonte de carvão vegetal. Oliveira et al., (2010), observaram para *Eucalyptus pellita* teores voláteis entre 9,71% a 14,65%, semelhantes aos obtidos por Erade (2009) para *Eucalyptus sp.* entre 15,30% a 18,40%. Castro (2011) obteve para *Eucalyptus sp.* maiores percentuais, entre 21,34% a 24,97%, porém, inferiores aos obtidos por Arantes (2009), que observou para *E. greis* e *E. urophylla* teores de 26,99%, semelhante a Rocha (2011) com *E. greis* e *E. camaldulensis*, que foram de 26,14%. Todos esses resultados evidenciam grandes diferenças entre os teores de voláteis registrados para as estacas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Elevados teores de voláteis acarretam grande produção de gases e menor eficiência energética o que demanda maior consumo de carvão (Frederico, 2009). A nível siderúrgico, o valor máximo desejável de voláteis é de 25% (Santos, 2008), sendo o ideal (Premium) abaixo de 23,5% (São Paulo, 2003).

Teor de cinzas

Os percentuais médios de cinzas (Gráfico 2.4.8) obtidos para estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*, entre 0,69% a 1,78%, demonstraram que ambas as espécies possuem valores próximos do ideal predito para fins de uso siderúrgico. As estacas de *P. juliflora* se destacaram nesse critério por apresentarem valores inferiores a 1,5%, considerado ideal para fins siderúrgicos, visto que suas estacas velhas apresentaram valores médios de 0,69% e estacas jovens de 1,33%. As estacas que apresentaram os maiores valores médios percentuais de cinzas foram as de *S. brasiliensis*, sendo estacas velhas 1,78% e jovens 1,53%. Considerando o uso siderúrgico, o teor de cinzas deve ser inferior a 1,0% (Santos, 2008) e o ideal (Premium) abaixo de 1,5% (São Paulo, 2003).

Gráfico 2.4.8. Teor médio de cinzas do carvão vegetal para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.
Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



Os valores observados para os percentuais de cinzas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*, apesar de superiores, foram semelhantes aos obtidos por Castro (2011) que indicaram uma variação entre 0,17% a 1,44% em relação ao teor de cinzas entre os indivíduos de *Eucalyptus sp.* Há uma tendência de redução do teor de cinzas à medida que temos o envelhecimento das árvores onde, muito provavelmente, esse comportamento se dê em função da mudança do estado nutricional desses organismos (Wadt et al., 1999). Esse tipo de resposta não foi verificado para as estacas velhas de *S. brasiliensis*, visto que os teores foram na ordem de 1,78%, maiores que os

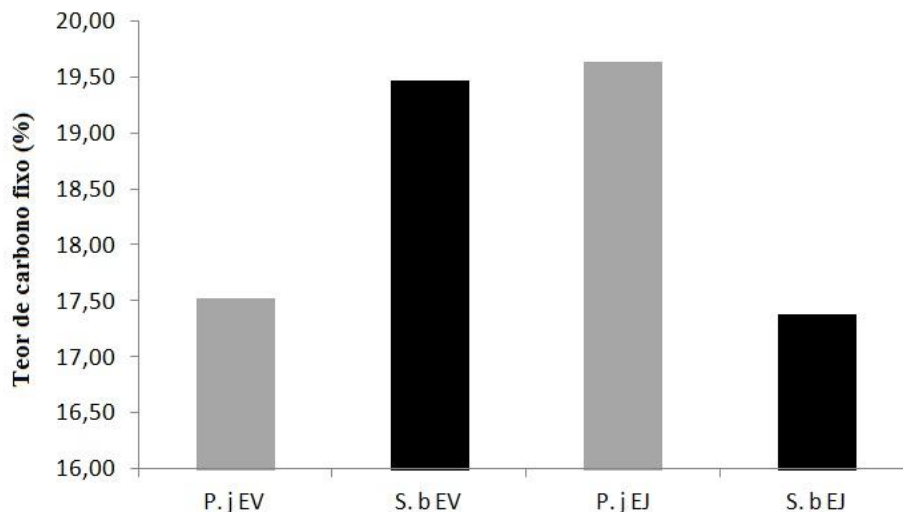
obtidos para suas estacas jovens (1,53%). No entanto, esse comportamento ocorreu com as estacas de *P. juliflora*, quando se compara estacas jovens e velhas.

Diversos trabalhos apresentam os teores médios de cinzas para indivíduos com apenas sete anos de idade. Trugilho et al., (2001), verificaram valores médios entre 0,44% para *E. greis* e 0,28% para *E. saligna*. Resultado semelhante ao observado por Rocha (2011), que obteve valores médios entre 0,28% a 0,39% para *E. greis* e *E. camaldulensis*. Santos (2010) observou valores médios entre 0,39% e 0,76% para *Eucalyptus sp.*, semelhante ao teor de cinzas observado para *Mimosa caesalpiniaefolia* por Gonçalves et al., (2010), que foi de 0,45%, a partir de amostras com idades próximas também a sete anos. No entanto, esses resultados divergem dos observados por Frederico (2009), que obteve valores médios de cinzas entre 0,66% a 0,99% para *Eucalyptus sp.* com três anos de idade. Entendemos que a possível variação da idade entre as estacas velhas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* pode ter contribuído para a diferença de resultado esperada para as estacas velhas de *S. brasiliensis*, em comparação com suas estacas jovens. Contudo, é possível que esses resultados estejam associados ao fato de *S. brasiliensis* ter apresentado maior capacidade de reserva, como será observada tanto para o carbono fixo (Gráfico 2.4.9) como também para as medidas (largura) de parênquima radial (Gráfico 2.4.15) em comparação com *P. juliflora*.

Teor de carbono fixo

Os resultados observados para o teor de carbono fixo (Gráfico 2.4.9) para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* demonstraram que ambas as espécies não apresentaram valores ideais para fins de uso siderúrgico. Os valores de carbono fixo obtidos para as estacas velhas e jovens variaram entre 17,52% a 19,63%, sendo necessários valores superiores a 75% para que fossem consideradas ideais. O teor de carbono fixo está associado de forma direta ao poder calorífico sendo considerada uma característica de qualificação do carvão visando à produção de energia (Nones et al., 2015). Considerando o uso siderúrgico, o teor de carbono fixo deve estar entre 70% a 80% (Santos, 2008) sendo o ideal (Premium) maior que 75% (São Paulo, 2003).

Gráfico 2.4.9. Teor médio de carbono fixo do carvão vegetal para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



Verifica-se que as estacas jovens de *P. juliflora* (19,63%) e velhas de *S. brasiliensis* (19,46%) foram as que apresentaram o melhor desempenho para o teor de carbono fixo, sendo os menores valores médios observados nas estacas velhas de *P. juliflora* (17,52%) e estacas jovens de *S. brasiliensis* (17,38%). Esses valores foram bem inferiores aos descritos para espécies comumente utilizadas para fins de produção de energia, a exemplo dos valores verificados por Rocha (2011) que observou para *E. greis* e *E. camaldulensis* variação média de carbono fixo entre 72,16% a 74,22%, semelhante aos resultados obtidos por Castro (2011), que foram entre 74,25% a 76,36% para *Eucalyptus* sp. e Sturion et al., (1998), com *Eucalyptus viminalis*, que identificou teores na ordem de 78%. Valores mais elevados foram observados por Santos (2010), que indicou variação média de carbono fixo entre 85,33% a 87,52% para clones de *Eucalyptus* sp., do mesmo que Frederico (2009), que observou valores entre 81,38% a 82,36%.

No entanto, as estacas de *S. brasiliensis* apresentaram aumento do carbono fixo à medida que houve o envelhecimento dos indivíduos, de modo semelhante aos resultados descritos por Pereira (2011), que constatou tendência de aumento do teor de carbono fixo com a idade para as espécies *Eucalyptus benthamii* e *Eucalyptus urophylla*. De modo inverso, as estacas de *P. juliflora* apresentaram menor teor de carbono fixo nas estacas velhas e maiores nas estacas jovens. Essa inversão observada para *P. juliflora* pode estar associada ao fato de suas estacas também terem apresentado os maiores valores percentuais médios de voláteis, associado ao fato de que as relações de altura e largura das dimensões do parênquima radial para *P. juliflora* em

relação a *S. brasiliensis* são invertidas, o que pode estar relacionada com essa diferença de comportamento relacionada à capacidade de fixação/armazenamento, observada entre as estacas dessas espécies. Maiores teores de carbono fixo contribuem para o aumento da produtividade nos alto fornos. Contudo, estão associados a baixos teores de materiais voláteis e aumento da reatividade do carvão (Frederico, 2009).

Propriedades mecânicas

Os resultados obtidos quanto às propriedades mecânicas avaliadas, compressão paralela (Gráfico 2.4.10), flexão elástica (Gráfico 2.4.11), cisalhamento (Gráfico 2.4.12) para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*, demonstraram que ambos os tipos de estacas apresentam características mecânicas favoráveis quanto ao uso desse recurso em cercas de propriedades rurais. Os valores registrados mostram-se satisfatórios quando comparados a espécies usualmente utilizadas para esse fim, como, por exemplo, os resultados obtidos por Nascimento (1998) para as espécies *Mimosa caesalpiniaefolia* (Sabiá) e *Myracrodruon urundeuva* (Aroeira), assim como Marcati (1992) para a espécie *Piptadenia peregrina* (Angico-vermelho) e Gomes et al., (2007), para a própria *Prosopis juliflora*, todas reconhecidas como madeiras de qualidade em função da sua resistência e durabilidade.

Gráfico 2.4.10. Valores médios de compressão paralela das fibras (daN/cm²) para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.

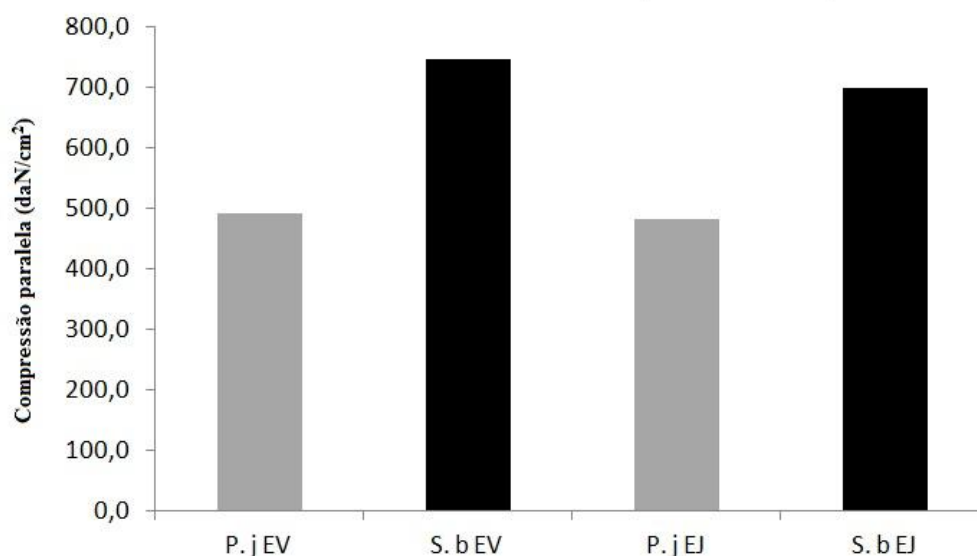
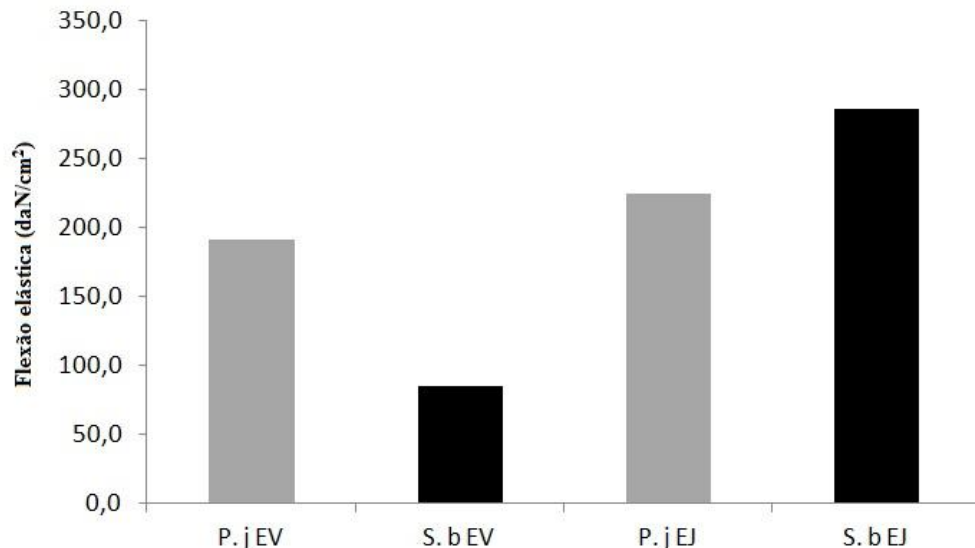
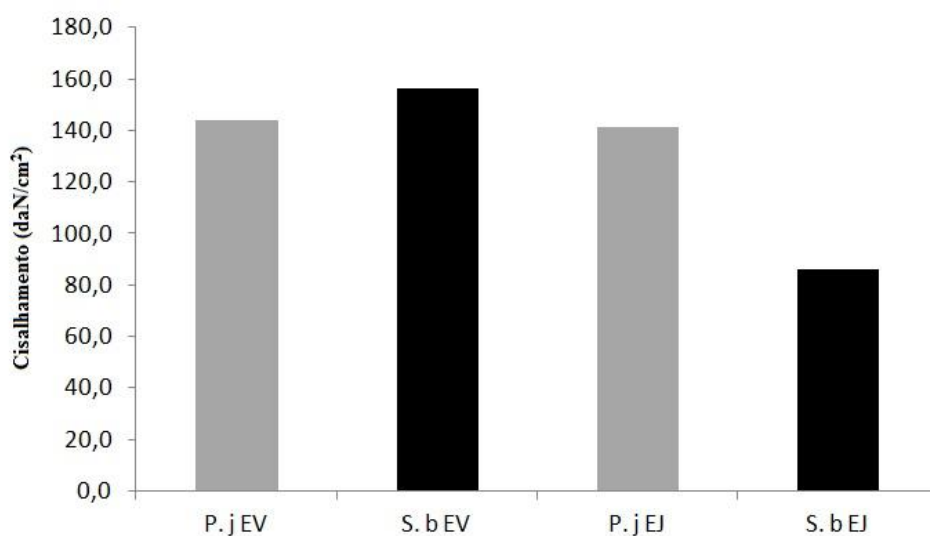


Gráfico 2.4.11. Valores médios de flexão elástica para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.Gráfico 2.4.12. Valores médios de cisalhamento para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

Os resultados dos testes mecânicos para as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* demonstram que as estacas de *S. brasiliensis* são as que apresentam as melhores características tecnológicas quanto às propriedades mecânicas de suas madeiras em comparação com as estacas velhas e jovens de *P. juliflora*. Os valores obtidos para as estacas velhas de *S. brasiliensis* foram os mais satisfatórios em relação às normas previstas pela NBR 7190, em comparação com as estacas velhas e jovens de *P. juliflora* e as próprias estacas jovens de *S. brasiliensis*, tendo sido as médias obtidas satisfatórias para as três características mecânicas

avaliadas. Destaca-se o fato das estacas jovens de *S. brasiliensis* em relação às características flexão elástica (Gráfico 2.4.11) e cisalhamento (Gráfico 2.4.12) apresentam valores opostos em relação ao mesmo tipo de estaca para *P. juliflora*. No entanto, o envelhecimento das estacas de *S. brasiliensis* demonstra resultados inversos em relação ao seu estado juvenil, o que evidencia sua maior capacidade de resistência à ação dos agentes de biodegradação em relação às estacas de *P. juliflora* avaliadas, o que confirma a superior capacidade das estacas de *S. brasiliensis* quanto à durabilidade natural de suas madeiras.

Trabalho realizado por Nascimento (1998) para as espécies *Mimosa caesalpiniaefolia* e *Myracrodruon urundeuva*, comumente utilizadas como estacas em cercas, demonstraram valores de compressão paralela, cisalhamento e densidade, sendo, respectivamente, os valores obtidos: *M. caesalpiniaefolia*, 492 daN/cm², 125 daN/cm² e 1,04 g/cm⁻³; *M. urundeuva*, 770 daN/cm², 202 daN/cm² e 1,24 g/cm⁻³. Outro importante trabalho foi realizado por Marcati (1992) que avaliou a espécie *Piptadenia peregrina* e observou expressivas diferenças entre o comportamento de suas propriedades mecânicas e a condição física de suas características mecânicas entre o estado da madeira “verde” e “seca”, tendo obtido os seguintes resultados: compressão paralela para a madeira verde 381 kgf/cm² e “seca” 495 kgf/cm²; cisalhamento madeira “verde” 91 kgf/cm² e seca 104 kgf/cm²; dureza axial madeira “verde” 473 kgf e “seca” 706 kgf (kgf/cm², correspondendo a 1 kgf = 0,9807 daN).

Texeira (2008) avaliou as características tecnológicas da espécie *Anadenanthera peregrina* e obteve valores de compressão de 559 kgf/cm² e cisalhamento de 141,07 kgf/cm², além de ter realizado o cálculo da densidade básica que foi de 0,56 g/cm³, indicando o uso dessa espécie para fins de construção civil e moveleira. Gomes et al., (2007), realizaram a caracterização tecnológica de *P. juliflora* e obtiveram resultados que demonstraram que as madeiras dessa espécie são de boa qualidade, equiparando-se às tradicionalmente utilizadas na construção civil, além do que seus valores de compressão paralela, cisalhamento e flexão colocaram suas madeiras com qualidade superior à de árvores como Jatobá (*Hymenaea sp.*), Eucaliptos (*Eucalyptus paniculata*), Maçareuba (*Manikara sp.*), Cumaru (*Dipteryx odorata*) e Sucupira (*Diplotripis sp.*). Nossos resultados corroboram com os observados por Gomes et al., (2007), para a espécie *P. juliflora*.

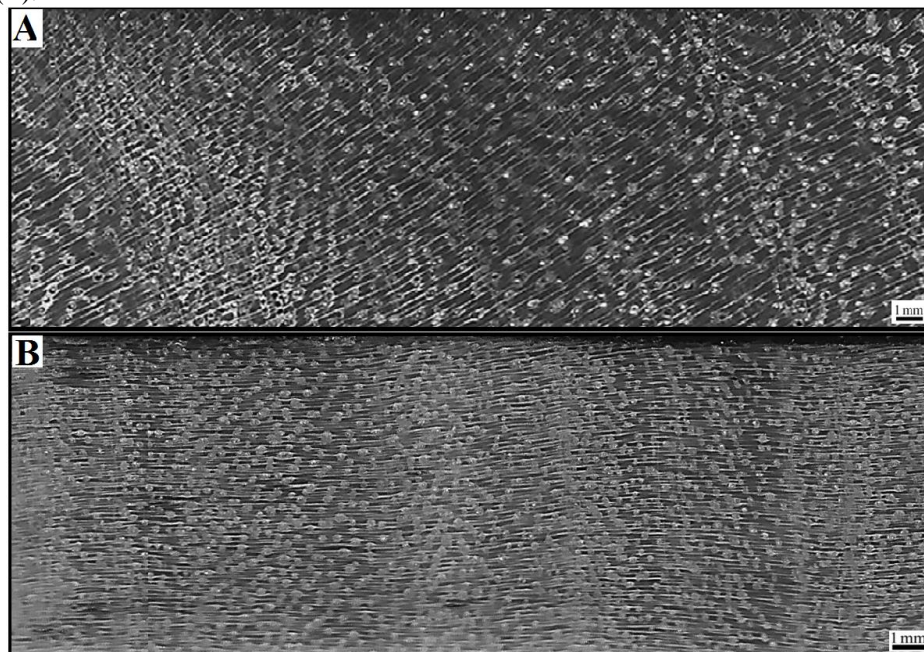
Os valores observados para as estacas velhas de *S. brasiliensis* quanto a sua compressão paralela, flexão elástica, cisalhamento e densidade (respectivamente, 747 daN/cm², 85 daN/cm²,

156 daN/cm² e 1,09 g/cm⁻³) a colocam em destaque em relação as suas características mecânicas. De modo semelhante, as estacas jovens de *S. brasiliensis* também apresentaram resultados expressivamente superiores quanto à qualidade mecânica de suas madeiras, exceto flexão elástica (286 daN/cm²) e densidade (0,74 g/cm⁻³), que foram de 698 daN/cm² para a compressão paralela e de 86 daN/cm² para o cisalhamento. No entanto, as estacas jovens de *P. juliflora* foram superiores em relação à flexão elástica (Gráfico. 2.4.12) e cisalhamento (Gráfico. 2.4.13), mas inferiores para os critérios compressão paralela (Gráfico. 2.4.11) e densidade (Gráfico. 2.4.1), quando comparadas ao mesmo tipo de estaca para *S. brasiliensis*, sendo os valores registrados para estacas velhas *P. juliflora* de compressão paralela, flexão elástica, cisalhamento e densidade, respectivamente: 481 daN/cm², 225 daN/cm², 141 daN/cm² e 0,67 g/cm⁻³. Para Gomes et al., (2007), o módulo elasticidade é a única característica mecânica que apresentou valores inferiores à classe C60 para a espécie *P. juliflora*, apesar de ter correspondido a 90,2% do valor estabelecido pela norma, onde a classe C60 representa a maior classe de resistência das folhosas segundo a norma NBR 7190 (Almeida et al., 1986). Contudo, percebemos que a flexão elástica de estacas velhas de *P. juliflora* se destaca em comparação com *S. brasiliensis*, principalmente quando se verifica a diferença entre os valores obtidos, que foram superiores a favor de *P. juliflora* na ordem de 56%.

Características anatômicas

Através das amostras de madeira obtidas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* quanto as suas direções radiais e longitudinais, verificaram-se diferenças morfológicas expressivas entre os indivíduos. A análise macroscópica (Fig. 2.4.2A e B) mostra-nos, para ambas as espécies, a presença da linha de parênquima delimitando seus anéis de crescimento. A espécie *P. juliflora* (Fig. 2.4.2A) apresentou anéis de crescimento caracterizados pela presença de linhas de parênquima axial marginal em seus limites com variação radial dos diâmetros dos vasos associada à presença abundante de parênquima axial no lenho tardio. A espécie *S. brasiliensis* (Fig. 2.4.2B) possui anéis de crescimento demarcados em seus limites pelo parênquima axial marginal, fino e contínuo, associado ao espessamento das paredes das fibras, com coloração mais escura no lenho tardio, principalmente nos anéis mais largos.

Figura 2.4.2. Descrição macroscópica das amostras obtidas a partir das estacas de *P. juliflora* (A) e *S. brasiliensis* (B).



A descrição anatômica qualitativa microscópica de ambas as espécies possibilitou, em resumo, os seguintes resultados quanto às características de suas madeiras:

Prosopis juliflora

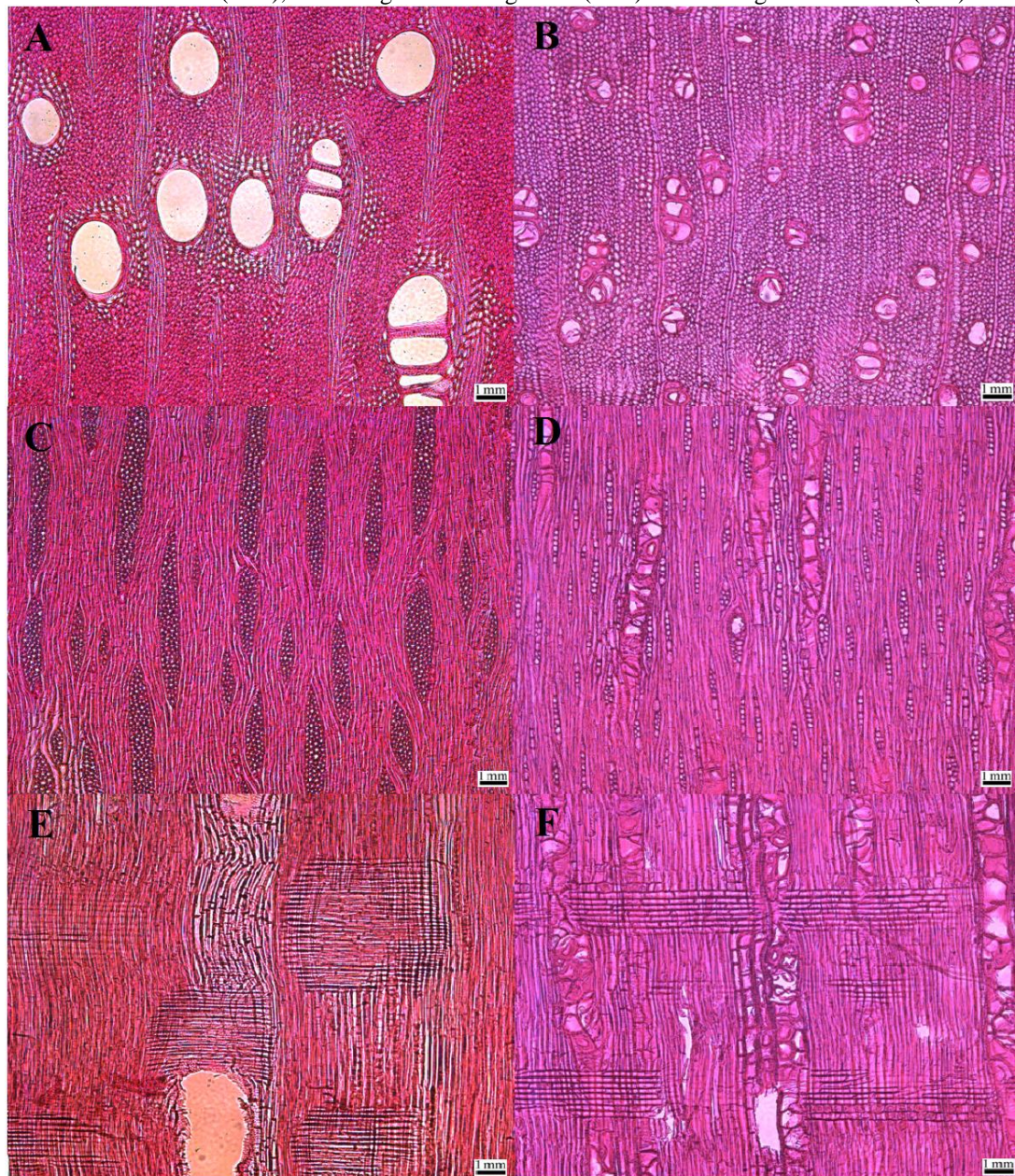
Madeira – relativamente pesada e durável. Vem sendo mais utilizada para mourões, estaca para cercas, lenha, carvão, tábuas e dormentes. **Camadas de Crescimento:** visíveis a olho nu e distintos através de linha de parênquima; **Vasos:** apresentam porosidade difusa com poros sem padrão de posição definida com vasos solitários e múltiplos radiais de 1-4. Pontuações intervasculares alternadas, circulares e ovaladas. **Fibras:** não septadas, paredes grossas e pontuações indistintamente areoladas. **Parênquima Axial:** apotraquel difuso e paratraqueal aliforme. Cristais prismáticos em séries parenquimáticas, largas e abundantes. **Raios:** multisseriados homogêneos com várias camadas de células procumbentes.

Schinopsis brasiliensis

Madeira: pesada e extremamente dura com cerne pardo-escuro quase preto ou acastanhado; **Camadas de crescimento:** destacadas, visíveis a olho nu, demarcadas por uma fina linha contínua e marginal presente no seu parênquima, associados ao espessamento das paredes das fibras destacadas por camada mais escura após o lenho inicial, região mais clara da madeira; **Vasos:** distribuídos de forma uniforme em arranjo paralelo aos raios e perpendicular aos anéis de

crescimento; as pontuações são areoladas alternas e as placas de perfuração são do tipo escalariforme; **Fibras**: libriiformes de paredes finas à espessas. **Parênquima Axial**: é do tipo vasicêntrico, formando uma bainha com número de células variável em torno dos vasos; **Raios**: não estratificados em maioria unisseriados, constituídos por células procumbentes; pontuações radio vasculares alternos com bordas reduzidas, às vezes guarnecidas. **Cristais**: prismáticos presentes nas células inteiras do parênquima axial.

Figura 2.4.3. Descrição anatômica para as estacas jovens das espécies *P. juliflora* (A-C-E) e *S. brasiliensis* (B-D-F), corte transversal (A-B), corte longitudinal tangencial (C-D) e corte longitudinal radial (E-F).



Analisando as duas espécies percebemos diferenças morfológicas entre os indivíduos, principalmente no que tange à dimensão dos vasos, tipos de raios, presença de tilos e amido (Fig. 2.4.3). O Corte Transversal (Fig. 2.4.3A e C) demonstra que o transporte de água e solutos foi semelhante entre as espécies. No entanto, verifica-se que a *P. juliflora* (Fig. 2.4.3A) apresenta vasos de maior calibre, porém em menor quantidade por área. De forma contrária, *S. brasiliensis* (Fig. 2.4.3B) apresenta vasos de menor calibre e maior quantidade por área.

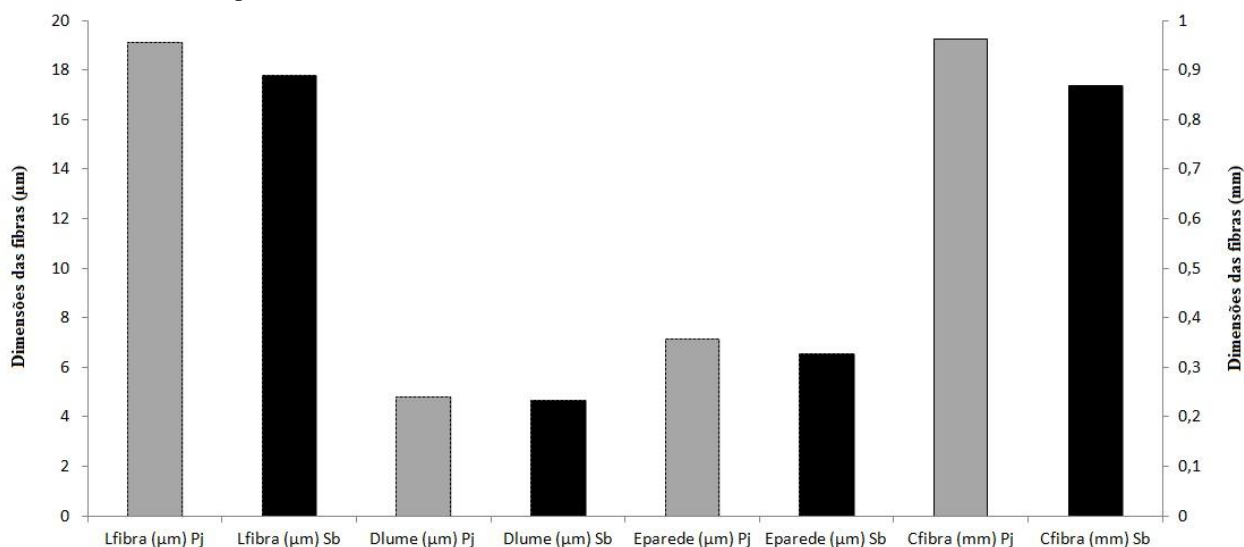
É provável que essa diferença entre os vasos de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* se dê como resposta adaptativa ao ambiente em que essas duas espécies ocorrem, ambas bem adaptadas ao ambiente semiárido, onde o transporte de água e sais minerais é bastante exigido em face da limitação do recurso hídrico. Observou-se a presença de Tilos nos vasos de *S. brasiliensis* (Fig. 2.4.3B), ao contrário de *P. juliflora* que não apresentou essa característica. É possível que a presença de tiloses em *S. brasiliensis* interfira no transporte realizado pelos seus vasos, diminuindo sua capacidade de condução, o que também contribui para o impedimento de processos de cavitação. O aumento da capacidade de condução dos elementos de vaso potencializa o metabolismo vegetal proporcionando maior fixação de carbono, porém, penaliza a espécie quanto aos efeitos gerados pela cavitação. Esse tipo de estratégia adaptativa pode ser arriscado quando observada em ambientes secos, como no semiárido, já que pode provocar nos organismos maiores gastos energéticos associados à eficiência hidráulica, diretamente ligada ao aumento da área do vaso e acréscimo no número de pontuações (Martínez-Cabrera et al., 2012).

O corte longitudinal tangencial de *P. juliflora* (Fig. 2.4.3C) demonstra que essa espécie apresenta raios multisseriados com altura de até 421µm, maiores que os observados para a espécie *S. brasiliensis* (Fig. 2.4.3D), que, por sua vez, apresenta em sua maioria raios unisseriados com células procumbentes em seus extremos e com altura máxima de até 143µm. Verifica-se ainda a presença de amido nas células de parênquima radial da *P. juliflora*. É provável que essa característica esteja relacionada com adaptações dessa espécie exótica e invasora da Caatinga, o que tem contribuído para sua sobrevivência e expansão no semiárido nordestino. O corte longitudinal radial das duas espécies (Fig. 2.4.3E e F) confirma as análises descritas anteriormente, tanto para os vasos quanto para os raios que fazem parte de sua estrutura anatômica.

Em relação ao estudo da forma e das dimensões das células do lenho para as estacas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* foram realizadas somente avaliações das estacas jovens em função da

impossibilidade técnica de preparo do material disponível para as estacas velhas (tempo de exposição na cerca). Abaixo (Gráfico 2.4.13) estão apresentados os valores médios das dimensões de suas fibras (largura e comprimento), diâmetro do lume e espessura de sua parede, para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

Gráfico 2.4.13. Valores médios para as dimensões das fibras na posição radial sentido medula-casca para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: Pj = *P. juliflora*; Sb = *S. brasiliensis*; Lfibra (μm) = largura da fibra; Dlume (μm) = diâmetro do lume; Eparedes (μm) = espessura da parede; Cfibra (mm) = comprimento da fibra.



Os valores observados para comprimento médio das fibras das estacas jovens de *P. juliflora* foi de 0,96 mm, enquanto *S. brasiliensis* foi de 0,87 mm. Texeira (2008) verificou valor médio de 1,21 mm para as dimensões das fibras de *Anadenanthera peregrina*. Esse comportamento de variação no tamanho das fibras pode estar associado à variação da idade dos materiais avaliados, assim como com a proximidade da medula. Células cambiais passam a produzir elementos com maiores dimensões até atingirem sua estabilização (Tomazello Filho, 1985a; Erade, 1987; Wilkes, 1988), sendo que próximo à medula há predomínio de tecido juvenil relacionado à maturação cambial, o que provoca rápida mudança no tamanho das células (Panshin e De Zeeuw, 1980; Tsoumis, 1991). Os resultados observados (Gráfico 2.4.13) para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*, apesar de corresponderem a espécies com diferentes padrões de resposta de crescimento (exótica e nativa), demonstraram proximidade

estrutural em relação às medidas de suas fibras, o que pode indicar adaptações comuns quanto às condições extremas do semiárido.

O valor médio obtido para o diâmetro do lume para as estacas jovens de *P. juliflora* foi de 4,78 μm , enquanto para *S. brasiliensis* foi de 4,68. Texeira (2008), quanto ao diâmetro do lume das fibras para *A. peregrina*, observou valor médio de 9,82 μm , associado à espessura da parede das suas fibras com média de 3,97 μm . As estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* apresentaram, respectivamente, valores médios de espessura da parede bem superiores, 7,16 μm e 6,55 μm . Da mesma forma ocorreu em relação aos valores da largura das fibras, onde as estacas jovens de *P. juliflora* apresentaram valor médio de 19,10 μm , enquanto *S. brasiliensis* foi de 17,87 μm , valores superiores aos obtidos por Texeira (2008), que, quanto à largura das fibras, obteve 17,77 μm para *A. peregrina*, tendo relacionado esse fato a questões ambientais, genéticas e de crescimento sazonal.

Outro aspecto avaliado quanto às dimensões das células do lenho para as estacas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* esteve relacionado à frequência e ao diâmetro dos poros (uso da água), bem como a altura e largura do parênquima radial (armazenamento). O material utilizado para essas análises também só permitiu a obtenção de resultados para estacas jovens pelas mesmas razões descritas anteriormente. Desse modo, podemos observar na Tabela 2.4.4 os valores médios obtidos para o diâmetro do lume (μm) e frequência (%) dos poros para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

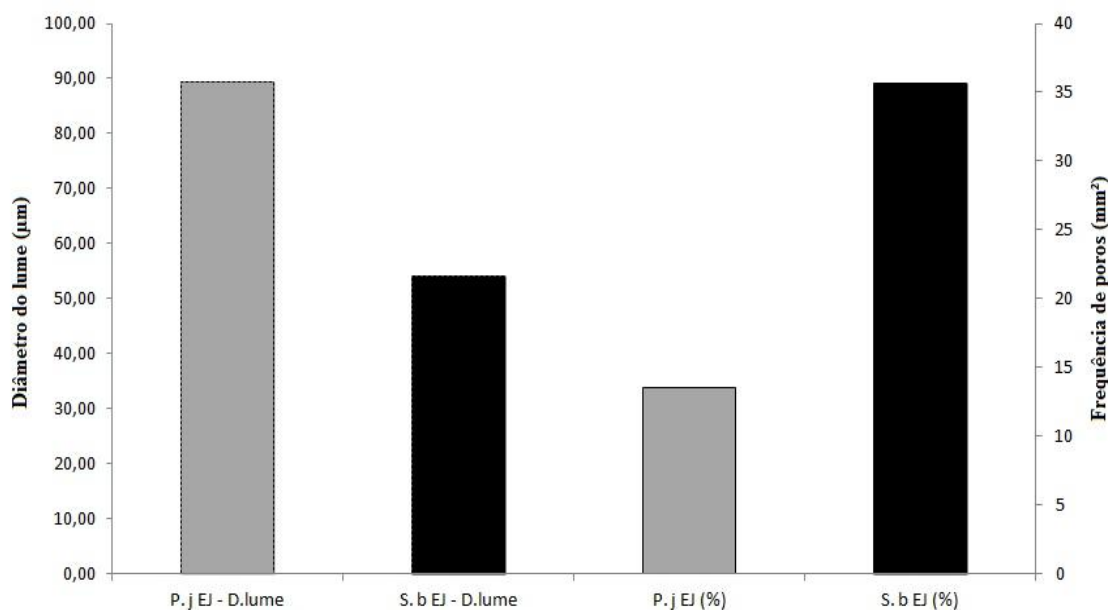
Tabela. 2.4.4. Valores médios das medidas de diâmetro do lume (μm) dos poros e sua frequência (mm^2) para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

<i>P. juliflora</i>					
Poros	Média	Maior valor	Menor valor	Desvio padrão	Coefficiente de variação
Diâmetro do lume (μm)	89,44	145,29	60,41	20,54	22,97
Frequência/ mm^2	13,50	17,50	9,17	3,13	23,16
<i>S. brasiliensis</i>					
Poros	Média	Maior valor	Menor valor	Desvio padrão	Coefficiente de variação
Diâmetro do lume (μm)	54,14	93,40	38,86	12,04	22,24
Frequência/ mm^2	35,67	45,00	30,00	5,73	16,05

Através da análise comparativa entre os valores médios obtidos para o diâmetro do lume e frequência dos poros para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* (Gráfico 2.4.14)

constata-se que a *P. juliflora* apresenta diâmetro de poros 39,5% maior quando comparada a *S. brasiliensis*. Esta, por sua vez, apresenta frequência de poros superior em 62,2%, o que sugere que ambas as espécies apresentam diferentes estratégias adaptativas quanto ao uso da água, sendo que *P. juliflora* investe na dimensão dos poros enquanto *S. brasiliensis* na quantidade por área. Os processos fisiológicos entre diferentes espécies variam tanto em função de características biofísicas do xilema, como também em função do maior diâmetro dos elementos de vasos, assim como pela presença efetiva de parênquima, sendo responsáveis pelo acúmulo de água durante o período seco e consequente manutenção fisiológica das espécies arbóreas submetidas ao stress hídrico (Pineda-García et al., 2015).

Gráfico 2.4.14. Valores médios para o diâmetro do lume (μm) e frequência (%) de poros para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem.



Comportamento semelhante ao observado para o uso da água (poros) também foi verificado quanto às dimensões do parênquima radial (armazenamento), medidas de altura e largura (μm) verificado através das estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* (Tabela 2.4.5; Gráfico 2.4.15). As estacas jovens de *P. juliflora* apresentam as maiores médias (255,40 μm), porém as menores larguras (8,15 μm), ao contrário de *S. brasiliensis* que obteve as maiores larguras (9,64 μm) cerca de 15,5% superior, porém medidas médias de altura bem inferiores (125,52 μm) às obtidas para *P. juliflora*, que foram superiores em aproximadamente 51%. Os

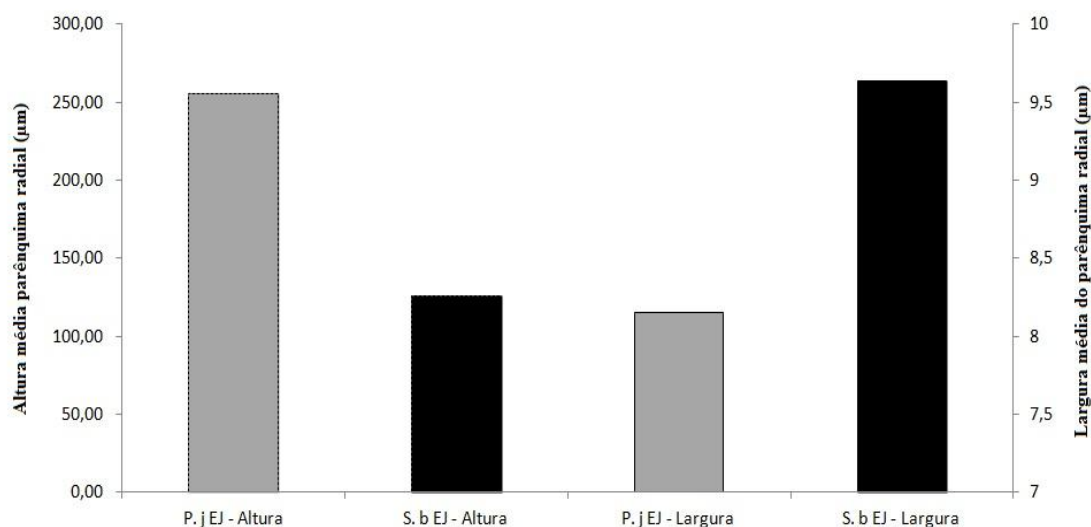
resultados relacionados às dimensões de poros (diâmetro do lume e frequência), alturas e larguras do parênquima radial também podem ser constatados através da descrição anatômica obtida para as estacas de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* (Figura 2.4.3A-B).

Tabela. 2.4.5. Valores médios das medidas de altura e largura do parênquima radial para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

Parênquima (µm)	Média	Maior valor	Menor valor	Desvio padrão	Coeficiente de variação
P. j EJ - Altura	255,40	433,94	133,02	79,14	30,99
S. b EJ - Altura	125,52	157,40	104,32	15,13	12,05
P. j EJ - Largura	8,15	10,42	5,66	1,65	20,24
S. b EJ - Largura	9,64	13,55	6,72	1,56	16,18

Nota: P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem.

Gráfico 2.4.15. Valores médios (µm) para as alturas e larguras do parênquima radial das estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. Nota: S.b EV= *S. brasiliensis* estaca velha; P.j EV = *P. juliflora* estaca velha; S.b EJ = *S. brasiliensis* estaca jovem; P.j EJ = *P. juliflora* estaca jovem.



Através da correlação de Spearman foi possível verificar intercorrelações entre as variáveis relacionadas às medidas médias das dimensões das células do lenho, quanto à estrutura das estacas jovens para as espécies *P. juliflora* e *S. brasiliensis*. A análise dos resultados obtidos para as medidas das fibras, poros e parênquima permitiram a observação de diferentes respostas quanto aos valores de intercorrelações ($p < 0,05$) entre esses diferentes grupos relacionados à estrutura, uso da água e armazenamento vegetal (Tab. 2.4.6).

Tabela 2.4.6. Intercorrelações obtidas através de correlação de Spearman ($p < 0,05$) para diferentes variáveis relacionadas às dimensões médias das fibras, poros e parênquima para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis*.

Fibras – Poros – Parênquima	Intercorrelações
Espessura da parede da fibra (μm) <i>P. juliflora</i>	0,82
Largura da fibra (μm) <i>P. juliflora</i>	
Espessura da parede da fibra (μm) <i>S. brasiliensis</i>	0,79
Largura da fibra (μm) <i>S. brasiliensis</i>	
Comprimento da fibra (mm) <i>P. juliflora</i>	0,47
Altura do parênquima (μm) <i>P. juliflora</i>	
Espessura da parede da fibra (μm) <i>P. juliflora</i>	0,44
Comprimento da fibra (mm) <i>P. juliflora</i>	
Largura da fibra (μm) <i>P. juliflora</i>	0,43
Comprimento da fibra (mm) <i>P. juliflora</i>	
Diâmetro do lume da fibra (μm) <i>S. brasiliensis</i>	0,42
Largura da fibra (μm) <i>S. brasiliensis</i>	
Largura da fibra (μm) <i>S. brasiliensis</i>	0,38
Largura do parênquima (μm) <i>P. juliflora</i>	
Diâmetro do lume da fibra (μm) <i>S. brasiliensis</i>	-0,38
Altura do parênquima (μm) <i>P. juliflora</i>	

Esses resultados confirmam as observações propostas por Shimoyama (1990), quanto à existência de relação entre o valor do diâmetro do lume, largura e espessura da parede das fibras. Estudos realizados por Tomazello Filho (1985b) com eucaliptos, e Panshin e De Zeeuw (1980) com folhosas indicaram tendência de aumentar a espessura da parede de suas fibras no sentido medula-casca. É possível constatar intercorrelações fortes relacionadas à sua estrutura, como observado para a espessura da parede e largura das fibras, tanto para *P. juliflora* (0,82), quanto para *S. brasiliensis* (0,79). As estacas jovens de *P. juliflora* demonstraram melhores resultados de intercorrelação entre os critérios relacionados a sua estrutura (espessura da parede celular x comprimento da fibra: 0,44) e armazenamento (comprimento da fibra x altura do parênquima: 0,43), enquanto as estacas jovens de *S. brasiliensis* não demonstram valores de intercorrelação relacionados ao armazenamento, unicamente com a estrutura (diâmetro do lume da fibra x largura do parênquima: 0,42). No entanto, ambas as estacas jovens de *P. juliflora* quanto *S. brasiliensis* apresentaram intercorrelações para diferentes critérios, como foi possível constatar relação positiva (0,38) entre a largura da fibra de *S. brasiliensis* e a largura do parênquima de *P. juliflora*, e negativa (-0,38) entre o diâmetro da fibra de *S. brasiliensis* e a altura do parênquima de *P. juliflora*, ambas as características associadas à estrutura e armazenamento.

Variações nos padrões anatômicos das madeiras, tais como porcentagem de vasos, disposição do parênquima longitudinal, células em largura e frequência do parênquima radial, podem ser explicadas em até 92% pelas mudanças no clima, o que culmina na alteração de toda a sua estrutura (Roque e Tomazello Filho, et al., 2009). Tais padrões de alteração anatômica da madeira seguem tendências latitudinais e pluviométricas (Lens et al., 2004), o que, considerando ambientes semiáridos como o bioma Caatinga, pode representar áreas limítrofes quanto à capacidade de resposta dessas espécies em função do rigor hídrico ao qual estão sendo frequentemente submetidas. As regiões mais afetadas no mundo, com danos na eficiência do uso da água, perda de produtividade e mortalidade dos indivíduos, serão as áreas semiáridas e sub-úmidas, de modo que, havendo permanência nesta condição por um longo período de tempo, os problemas tendem a se agravar dada a redução de sua resiliência, reestruturação do ecossistema e consequente diminuição da biodiversidade (Yang et al., 2016).

Mudanças anatômicas extremas nos organismos vegetais podem evidenciar processos de trade-off's entre a tensão mecânica da madeira e sua arquitetura hidráulica, indicando relação inversa entre elas, bem como o caráter funcional das espécies e adaptações desenvolvidas para sobreviver em ambientes extremos (Christensen-Dalsgaard et al., 2007; Gleason et al., 2016). Os valores obtidos para as dimensões das células relacionados às medidas das fibras, poros e parênquima para as estacas jovens de *P. juliflora* e *S. brasiliensis* demonstraram adaptações desses organismos quanto a sua estrutura, uso da água e armazenamento. Acredita-se que as diferenças anatômicas verificadas através das comparações entre as estacas dessas espécies ocorram em função das diferentes estratégias de vida adotadas por cada uma delas em função do rigor hídrico sob o qual estão submetidas, com média de precipitação anual em torno de 460mm para o período de registro (1962-2015) (Inmet, 2016).

CONCLUSÕES

Cerne-Alburno: As estacas velhas de *S. brasiliensis* demonstraram melhores qualidades da madeira através do cerne, o que também ocorreu para as estacas jovens. Os percentuais de alburno para ambas as espécies em relação às estacas jovens foi semelhante, sendo menor para *S. brasiliensis*, invertendo-se para estacas velhas. A relação cerne/alburno indicou que as estacas da espécie *S. brasiliensis* apresentam maior capacidade de resistência contra os agentes de biodegradação.

Densidade básica: Tanto as densidades básicas das estacas jovens quanto velhas foram superiores para a espécie *S. brasiliensis*, o que também sugere maior capacidade de resistência e proteção contra a biodegradação, sendo maior a durabilidade natural de suas madeiras.

Extrativos: As estacas jovens e velhas de *P. juliflora* apresentaram maiores valores médios de extrativos em comparação com os mesmos tipos de estacas para *S. brasiliensis*. No entanto, essa diferença foi mais acentuada nas estacas jovens, a favor de *P. juliflora* sugerindo maior capacidade energética.

Lignina: A lignina insolúvel demonstrou resultados semelhantes entre as espécies para as estacas velhas, sendo maior para as estacas jovens de *P. juliflora*. A lignina solúvel das estacas velhas apresentou os menores percentuais entre as espécies, sendo maior para as estacas jovens de *P. juliflora*. A lignina total confirmou a semelhança entre os resultados para as estacas velhas e jovens. Contudo, o percentual de lignina total foi maior para *P. juliflora*.

Holoceluloses: Condizente com os resultados de lignina (inverso) demonstrando que as estacas jovens de *S. brasiliensis* superaram as de *P. juliflora* nessa condição, enquanto as estacas velhas de *P. juliflora* superaram as de *S. brasiliensis*, sugerindo redução do teor médio de holoceluloses nas estacas velhas de *S. brasiliensis* e aumento em *P. juliflora*.

Carvão vegetal: Estacas jovens e velhas entre as espécies não demonstraram bons resultados quanto ao percentual médio de voláteis, por produzirem muitos gases, assim como baixos percentuais de carbono fixo. No entanto, se destacaram quanto aos teores de cinzas, sendo maior para estacas velhas de *P. juliflora*.

Propriedades mecânicas: Estacas jovens e velhas para ambas as espécies apresentaram resultados satisfatórios para sua utilização fim, demonstrando resultados que as colocam dentro da classe C60, maior classe de resistência das folhosas segundo a norma NBR 7190, sendo os melhores resultados obtidos para as estacas velhas de *S. brasiliensis*.

Propriedades anatômicas: Ambas as espécies apresentam linha de parênquima delimitando seus anéis de crescimento. Os anéis de crescimento de *P. juliflora* possuem variação radial dos diâmetros dos vasos, enquanto *S. brasiliensis* possui espessamento das paredes de suas fibras, com coloração mais escura no lenho tardio. Possuem diferenças entre a dimensão dos vasos (maiores para *P. juliflora* e mais frequentes para *S. brasiliensis*), tipos de raios (multisseriados para *P. juliflora* e maioria unisseriados para *S. brasiliensis*), presença de tilos (*S. brasiliensis*) e amido (*P. juliflora*). Os resultados para as dimensões das fibras (estrutura) das estacas jovens entre as espécies foram semelhantes, o que indica proximidade estrutural entre essas espécies. *P. juliflora* foi a que apresentou as maiores dimensões médias quanto às medidas de suas fibras. Porém, o resultado das frequências e diâmetros dos poros (uso da água) para as estacas jovens demonstraram que *P. juliflora* investe mais no calibre de seus vasos, enquanto *S. brasiliensis* na maior frequência. Os resultados obtidos para as dimensões do parênquima radial (armazenamento) foram semelhantes, onde *P. juliflora* investe mais na altura, enquanto *S. brasiliensis* investe mais na largura. Essas diferenças anatômicas podem ocorrer em função das diferentes estratégias de vida adotadas por cada espécie em função do rigor hídrico sob o qual estão submetidas. Os resultados anatômicos obtidos estão de acordo com os padrões preditos para folhosas em relação ao valor do diâmetro do lume, largura e espessura da parede das fibras. As estacas jovens de *P. juliflora* apresentaram maiores intercorrelações entre a sua estrutura e o armazenamento, enquanto *S. brasiliensis* apresentou intercorrelações significativas apenas relacionadas à estrutura. No entanto, ambas as estacas se correlacionam em diferentes critérios de análise (estrutura e armazenamento).

Possíveis aplicações para a madeira *Schinopsis brasiliensis*

Apresenta resultados positivos quanto à qualidade de sua madeira em diferentes critérios de análise (físicos, químicos e biológicos), o que pôde ser constatado através dos resultados. Destaca-se sua elevada resistência mecânica, o que reflete diretamente em sua durabilidade naturalmente positiva. De acordo com os resultados químicos, físicos, mecânicos e analíticos das lâminas de *S. brasiliensis*, suas estacas podem ser utilizadas para vedações externas e internas, formas de concreto, andaimes/cimbramentos, estacas, colunas, vigas/pilares, coberturas, esquadrias, pisos, ossatura, taipa e mobiliário, de acordo com as normas preditas pela ABNT.

No entanto, seu uso do ponto de vista ecológico e mesmo econômico nos parece inviável, por se tratar de uma espécie que já esteve ameaçada de extinção na natureza. Em 2014, a classificação dada pelo Centro Nacional de Conservação da Flora (CNCFLORA, 2016), instituição ligada ao Ministério do meio ambiente do Brasil, foi modificada para essa espécie “DD”, sigla utilizada para caracterizá-la como espécie de “*dados insuficientes*”, o que significa dizer que *S. brasiliensis*, de acordo com a CNCFLORA, é uma “*espécie sem informações suficientes para sua categorização de risco de extinção baseada na sua distribuição e/ou status populacional*” no Brasil, o que sugere, no mínimo, maiores informações quanto a sua real condição ecológica antes de qualquer tomada de decisão em relação a sua exploração, dados os riscos quanto a seu desaparecimento na Caatinga e demais biomas brasileiros.

Possíveis aplicações para a madeira *Prosopis juliflora*

Economicamente viável por se tratar de espécie exótica e já amplamente disseminada na região NEB. No entanto, seu estabelecimento, principalmente no bioma Caatinga, representa uma séria ameaça à sobrevivência das demais espécies nativas da região (como a própria *S. brasiliensis*), o que sugerem ações de manejo planejadas por parte dos órgãos de controle com o objetivo de aperfeiçoar seu uso, sem que isso amplie ainda mais sua expansão nos diferentes ecossistemas brasileiros onde já é encontrada, visto que *P. juliflora* é favorecida a partir da retirada (poda) de estacas, o que tem potencializado suas taxas de crescimento e contribuído para seu sucesso.

Os resultados obtidos, através dos testes realizados, demonstraram que sua madeira também apresenta resistência e durabilidade naturalmente positiva superiores a diversas espécies usualmente utilizadas no Brasil. De modo semelhante aos resultados observados para as estacas de *S. brasiliensis*, *P. juliflora* também se destaca por suas características físicas, químicas e anatômicas colocando-a como espécie utilizável como elemento estrutural, nas formas de concreto, andaimes/cimbramentos, estacas, colunas, vigas/pilares, cobertura, esquadrias, vedações externas/internas, pisos, ossatura, taipa e mobiliário, de acordo com as normas previstas pela ABNT.

Porém, ressalta-se que seu uso requer ações efetivas de regulamentação e controle, dada a realidade atual de esgotamento das espécies nativas que são fontes naturais de estacas para as propriedades rurais, mas que se encontram ameaçadas de desaparecer por completo dos

ambientes naturais em função do favorecimento que tem ocorrido quanto ao manuseio da espécie *Prosopis juliflora*. Manejo que ocorre em grande parte pela necessidade natural de sobrevivência do homem do campo, que acaba buscando alternativas que minimizem seu “sofrimento” em contrapartida às já existentes no semiárido e associado a grandes dificuldades sociais, econômicas, culturais e políticas, impedindo que tecnológicas adequadas e sustentáveis de fato possam melhorar o aproveitamento dos recursos madeireiros ainda disponíveis.

REFERÊNCIAS

- ALFONSO, V. A. **Caracterização anatômica do lenho e da casca das principais espécies de *Eucalyptus* L'Hérit cultivados no Brasil.** Tese de Doutorado do Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo – USP, São Paulo-SP. 188p. 1987.
- ALMEIDA, P. A. O.; FUSCO, P. B.; CALIL JR., C. **Norma de projeto de estruturas de madeira.** BT/PEF/9602, São Paulo, EPUSP. 1986.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **MB 26:** Ensaio Físicos e Mecânicos. Rio de Janeiro. 16p. 1940.
- _____. **NBR 8633:** carvão vegetal: determinação do poder calorífico. Rio de Janeiro. 13p. 1984.
- _____. **NBR 8112:** carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro. 8p. 1986.
- _____. **NBR 7190:** Projeto de estruturas de madeira. Rio de Janeiro. 107p. 1997.
- ARANTES, M. D. C. **Variação nas características da madeira e do carvão de um clone de *Eucalyptus greis* W. Hill ex Malden x *Eucalyptus urophylla* S. T. Blake.** Dissertação de Doutorado em Ciência e Tecnologia da Madeira. Universidade Federal de Lavras, Lavras-MG. 149p. 2009.
- BARRICHELO, L. E. G.; BRITO, J. O.; MIGLIORINI, A. J. Estudo da variação longitudinal da densidade básica de *Eucalyptus* spp. **Silvicultura**, São Paulo, v. 8, n. 28, p. 726-731. 1983.
- BARROS, S. Cercas sertanejas: traços ecológicos do sertão pernambucano. **Os Cadernos de Cultura**, v. 117, p. 55-58. 1985.
- BENDTSEN, B. A.; SENFT, J. Mechanical e anatomical properties in individual growth ring of plantation grown eastern cottonwood e loblolly pine. Madison. **Wood e Fiber Siciense**, v. 18, n. 1, p. 23-38. 1986.
- BONAN, G. B. Forests e climate change: forcings, feedbacks, e the climate benefits of forests. **Science**, v. 320, p. 1444-1449. 2008.
- BORTOLETTO JÚNIOR, G. **Indicações para utilização da madeira de seis espécies e variedades de pinus aplicada na construção civil.** Dissertação de Mestrado da Escola de Engenharia de São Carlos – USP, São Carlos-SP. 119p. 1993.
- BOTOSSO, P. C. **Identificação macroscópica de madeiras: guia prático e noções básicas para o seu conhecimento.** Dados eletrônicos – EMBRAPA Florestas, Colombo-PR. 2009.
- CARDOSO, D. S. **Caracterização anatômica da madeira e potencial dendrocronológico de *Schinopsis brasilienses* ENGL (Anacardiaceae) na caatinga sergipana.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Sergipe - UFS, São Cristóvão. 80p. 2014.

CARVALHO, A. M. **Valorização da madeira do híbrido de *Eucalyptus greis* X *Eucalyptus urophylla* através da produção conjunta de madeira serrada em pequenas dimensões, celulose e lenha.** Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia de Madeiras. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ, USP, Piracicaba-SP. 138p. 2000.

CASTRO, E. M. **Histologia vegetal: Estrutura e função de órgãos vegetativos.** Editora UFLA, Lavras-MG. 2009.

CASTRO, A. F. N. M. **Efeito da idade e de materiais genéticos de *Eucalyptus sp.* na madeira e carvão vegetal.** Dissertação de mestrado Universidade Federal de Viçosa – UFV, Viçosa-MG. 98p. 2011.

CHAVES, E. M. F.; CHAVES, E. B. F.; SÉRVIO JÚNIOR, E. M.; BARROS, R. F. M. Conhecimento Tradicional: A Cultura das Cercas de Madeira no Piauí, Nordeste do Brasil. **Revista Etnobiologia**, v. 12(1), p. 31-43. 2014.

CHEN, C. L. Lignins: Occurrence in Wood tissues isolation reactions, e structure. In: LEWIS, M.; GOLDSTEIN, I. S. (ed.). **Wood structure e composition.** Nova York, Marcel Dekker, Inc. 487p. 1991.

CHIMELO, J. P. **Development of a probability-based computerized characterization system for identification e for property prediction of selected tropical hardwoods.** Tese de Doutorado, Virginia Polytechnic Institute e State University. Blacksburg. 206p. 1980.

CHRISTENSEN-DALSGAARD, K. K.; FOURNIER, M.; ENNOS, A. R.; BARFOD, A. S. Changes in vessel anatomy in response to mechanical loading in six species of tropical trees. **New Phytol**, v. 176, p. 610-622. 2007. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1469-8137.2007.02227.x/abstract>. Acessado em 10/12/2016.

CNCFLORA. **Centro Nacional de Conservação da Flora.** 2016. Disponível em: <http://cncflora.jbrj.gov.br/portal/pt-br/listavermelha>. Acessado em 06/09/2016.

CNIP. **Centro nordestino de informações sobre plantas: Baraúna.** 2014. Disponível em: www.cnip.org.br. Acessado em 05/12/2014.

CORADIN, V. T. R.; MUÑIZ, G. I. B. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae.** Laboratório de Produtos Florestais. Série Técnica, Brasília, v. 15, p. 1-19. 1992.

COSTA, C. G.; CALLADO, C. H.; CARADIN, V. T. R.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. Xilema. In: APPEZZATO-DA-GLÓRIA, B.; CARMELLO-GUERREIRO, S. M. **Anatomia Vegetal.** Editora UFV, Viçosa-MG. 2006.

COPANT. **Descripción de características generales, macroscópicas de las maderas angiospermas dicotiledóneas.** COPANT, v. 30, p. 1-19. 1974.

CORADIN, V. T. R.; MUÑIZ, G. I. B. **Normas e procedimentos em estudos de anatomia de madeira: I. Angiospermae. II. Gimnospermae.** Laboratório de Produtos Florestais. Série Técnica, Brasília, v. 15, p. 1-19. 1992.

COSMO, N. L.; KUNIYOSHI, Y. S.; BOTOSSO, P. C. Anatomia da madeira de *Sebastiania commersoniana* (Baillon) Smith & Downs (Euphorbiaceae): aspectos funcionais e ecológicos. **Acta botânica brasileira**, n. 24(3), p.747-755. 2010.

DADSWELL, H. E. **The anatomy of eucalypt wood.** CSIRO Forest Products Laboratory, Melbourne, n.66, p.1-28, 1972.

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). **Plantio de leguminosas arbóreas para produção de moirões vivos e construção de cercas ecológicas: os diferentes modelos de cercas utilizadas nas propriedades rurais do Brasil.** 2014. Disponível em: <http://ráis://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Moirao/MoiraoVivoCercaEcologica>. Acessado em 11/06/2014.

_____. **Algaroba (*Prosopis juliflora*): Árvore de Uso Múltiplo para a Região Semiárida Brasileira.** Comunicado Técnico 240. Colombo, PR. 1-8p. 2009. Disponível em: <http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/65076/1/CT240Prosopis.pdf>. Acessado em 10/10/2016.

ERADE, M. C. D. **Variação das características das fibras em função da densidade básica de cavacos de madeira de *Eucalyptus greis* Hill ex. Maiden.** Dissertação de mestrado, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita, Botucatu-SP. 43p. 1987.

FAGG, C. W.; STEWART, J. L. The value of *Acacia* e *Prosopis* in arid e semi-arid environments. **Journal of Arid Environment**, v. 27, p. 3-25. 1994.

FREDERICO, P. G. U. **Efeito da região e da madeira de eucalipto nas propriedades do carvão vegetal.** Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa, Viçosa-MG. 73p. 2009.

GABRIEL, V. A. **Uso de cercas – vivas por aves em uma paisagem fragmentada de mata atlântica semi-decídua.** Dissertação de Mestrado, Universidade Estadual Paulista. UEP, Rio Claro-SP. 77p. 2005.

GALVÃO, A. P. M. JANKOWSKY, I. P. **Secagem Racional da Madeira.** São Paulo. Nobel, v. 1, 112p. 1985.

GÉRARD, J.; BAILLÈRES, H.; FOURNIER, M.; THIBAUT, B. Qualité du bois chez les eucalyptos de plantation. Etude de variation de tro is propriétés de référence. Nancy. **Bois et Forêts des Tropiques**, v. 245, p. 101-111. 1995.

GLEASON, S. M.; WESTOBY, M.; JANSEN, S.; CHOAT, B.; HACKE, U. G.; PRATT, R. B.; Weak tradeoff between xylem safety e xylem-specific hydraulic efficiency across the world's

woody plant species. **New Phytol**, v. 209, p. 123-136. 2016. Disponível em: <http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/nph.13646/abstract>. Acessado em 10/12/2016.

GOLDSCHIMID, O. Ultraviolet spectra. In: SARKANEN, K. V.; LUDWIG, C. H. **Lignins: occurrence, formation, structure e reactions**. New York: J. Wiley. p. 241-266. 1971.

GOMES, J. J.; TOLEDO FILHO, R. D.; NASCIMENTO, J. W. B.; SILVA, V. R.; NÓBREGA, M. V. Características tecnológicas da *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. e alternativas para o uso racional. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 11, n. 5, p. 537-542. 2007.

GOMIDE, J. L.; COLODETTE, J. L.; OLIVEIRA, R. C.; SILVA, C. M. Caracterização tecnológica para produção de celulose, da nova geração de clones de *Eucalyptus* no Brasil. **Revista Árvore**, v. 29, n. 1, p. 129-137. 2005.

GOMIDE, J. L.; DEMUNER, B. J. **Determinação do teor de lignina em material lenhoso: método Klason modificado**. O papel. São Paulo, v. 47, n.8, p. 36-38. 1986.

GONÇALVES, C. A.; LELIS, R. C. C.; ABREU, H. S. Caracterização físico-química da madeira de Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia* Benth.). **Revista Caatinga**, v. 23, n. 1, p. 54-62. 2010.

HAMMER, Ø.; HARPER, D.A.T.; RAYAN, P. D. **PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education e Data Analysis**. Palaeontologia Electronica, 4(1), 9p. 2001.

HASELEIN, C. R. LOPES, M. C.; SANTINI, E. J. LONGHI, S. J.; ROSSO, S.; FERNEES, D. L. G.; MENEZES, L. F. Características tecnológicas da madeira de árvores matrizes de *Eucalyptus greis*. **Ciência Florestal**, v. 14, n. 2, p. 145-155. 2004.

HELLMEISTER, J. C. **Madeiras e suas características**. São Paulo. EBRAMEM. EESC, v. I. 1983.

IAWA. IAWA list of microscopic features for hardwood identification. **IAWA Bulletin, New Series**, v.10(3), p. 219-332. 1989.

INMET. **Instituto Nacional Meteorologia**. 2016. Disponível em: <http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>. Acessado em 25/02/2016.

IPNI. **The International Plant Names Index**. 2013. Disponível em: <http://www.ipni.org>. Acessado em 05/06/2013.

JOHANSEN, D. A. **Plant microtechnique**. New York: MacGraw-Hill Book. 533p. 1940.

KÖPPEN, W. Climatologia: com um estúdio de los climas de la tierra. Publications In: **Climatology**. Laboratory of Climatology, New Gersey. 104p. 1948.

LELLES, J. G. **Utilização de madeira de eucalipto de pequenas dimensões na fabricação de uma ponte protendida com madeira laminada colada.** Dissertação de mestrado, Universidade Federal de Viçosa. Viçosa-MG. 94p. 2007.

LENS, F.; LUTEYN, J. L.; SMETS, E.; JANSEN, S. Ecological trends in the wood anatomy of Vaccinioideae (Ericaceae s.l.). **Flora**, v. 199, p. 309-319. 2004.

LÉON H, W. J. Anatomía de madera em 31 especies de la subfamilia mimosoideae (leguminosae) en Venezuela. **Revista Colombia Forestal**, vol. 11, p.113-135. 2008.

LEWIN, M.; GOLDSTEIN, I. (ed.). **Wood structure e composition.** Nova York, Marcel Dekker, Inc. 487p. 1991.

LIMA, J. T.; BREESE, M. C.; CAHALAN, C. M. Genotype-environment interaction in wood basic density of Eucalyptus clones. **Wood Sci. Technol**, v. 34, n. 3, p. 197-206. 2000.

LIN, S. Y.; DENCE, C. W. **Methods in lignin chemistry.** Berlin: Springer Verlag. 578p. 1992.

LORENZI, H.; SOUZA, H. M.; TORRES, M. A. V.; BACHER, L. B. **Árvores Brasileiras Manual de Identificação e Cultivo de Plantas Arbóreas Nativas do Brasil.** Nova Odessa-SP, Instituto Plantarum, 201p. 2003.

LORENZI, H. **Árvores exóticas no Brasil madeiras, ornamentais e aromáticas.** Nova Odessa, SP, Instituto Plantarum, 25p. 2008.

MARCATI, C. R. **Estudo da anatomia e das propriedades tecnológicas da madeira do angico-vermelho (*Piptadenia peregrina* Benth).** Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa-MG. 94p. 1992.

MARTINS, V. A. **Secagem da madeira serrada.** Brasília, Gutenberg, 53p. 1998.

MARTÍNEZ-CABRERA, H. I.; ESTRADA-RUIZ, E.; CASTAÑEDA-POSADAS, C.; WOODCOCK, D. Wood specific gravity estimation based on wood anatomical traits: Inference of key ecological characteristics in fossil assemblages. **Review of Palaeobotany e Palynology**, v. 187, p. 1-10. 2012.

MÉCHIN, V.; BAUMBERGER, S.; POLLET, B.; LAPIERRE, C. Peroxidase activity can dictate the *in vitro* lignin dehydrogenative polymer structure. **Phytochemistry**, v. 68, p. 571-579. 2007.

MOBOT. **Tropicos.org. Missouri Botanical Garden.** 2014. Disponível em: <http://www.tropicos.org>. Acessado em 09/07/2014.

MONTENEGRO, S. C. S. **A conexão homem /camarão (*Macrobrachium carcinus* e *M. acanthurus*) no Rio Francisco alagoano: uma abordagem etnoecológica.** Universidade Federal de São Carlos. São Paulo. 2001. 2001.

MORI, A. S.; SILVA, L. A. M.; CORADIN, L. **Manual de manejo do herbário fanerogâmico. Centro de Pesquisa do Cacau.** Ilhéus. 104p. 1989.

MOREIRA, W. S. **Relações entre propriedades físico-mecânicas e características anatômicas e químicas da madeira.** Tese de Doutorado em Ciências Florestais da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa-MG. 107p. 1999.

MOKFIENSKI, A. **Importância relativa da densidade básica e da constituição química de madeira de *Eucalyptus* spp. no rendimento, branqueabilidade e qualidade da polpa Kraft.** Tese de Doutorado em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa-MG. 153p. 2004.

NASCIMENTO, M. F. **Madeira do Agreste para uso em habitação.** Dissertação de Mestrado. Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo – USP. São Carlos-SP. 117p. 1998.

NASCIMENTO, V. T. **Estratégias rurais de uso e manejo de plantas para a construção de cercas em uma área de caatinga no município de Caruaru, Pernambuco.** Dissertação de Mestrado, Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE. Recife, Pernambuco. 101p. 2007.

NONES, D. L.; BRE, M. A.; CUNHA, A. B.; CARVALHO, A. F.; WEISE, S. M. K. Determinação das propriedades energéticas da madeira e do carvão vegetal produzido a partir de *Eucalyptus benthamii*. **Floresta**, v. 45, n. 1, p. 57-64. 2015.

OLIVEIRA, J. T. S. **Caracterização da madeira de eucalipto para a construção civil.** Tese de Doutorado em Engenharia da Universidade de São Paulo – USP. São Paulo-SP. 429p. 1997.

OLIVEIRA, A. C.; CARNEIRO, A. C. O.; VITAL, B. R.; ALMEIDA, W.; CORRADI, B. L.; CARDOSO, M. T. Parâmetros de qualidade da madeira e do carvão vegetal de *Eucalyptus pellita* F. Muell. **Scientia Forestalis**, v. 38, n. 87, p. 431-439. 2010.

OLIVEIRA, J. T. S.; SILVA, J. C. Variação radial da retratibilidade e densidade básica da madeira de *Eucalyptus saligna* Sm. **Revista Árvore**, v. 27, n.3, p. 381-385. 2003.

PALERMO, G. P. M.; LATORRACA, J. V. F.; SEVERO, E. T. D.; REZENDE, M. A.; ABREU, H. S. Determinação da densidade da madeira de *Pinus elliottii* Englm, através de atenuação de radiação gama comparada a métodos tradicionais. **Floresta e Ambiente**, v. 11, n. 1, p. 01-06. 2004.

PANSHIN, A. J.; DE ZEEUW, C. **Textbook of wood technology.** New York. 722p. 1980.

PAULA, J. E. **Madeiras que produzem álcool, coque e carvão.** CNP - Atualidades, Brasília, DF, n. 72, p.31-45. 1980.

PAULA, J. E.; ALVES, J. L. H. **Madeiras nativas: anatomia, dendrologia, dendrometria, produção e uso.** Brasília, DF: Fundação Mokiti Okada, 543p. 1997.

PRATA, D. G. **Compressão Paralela às Fibras em Peças de Madeira**. São Carlos-SP. EESC. USP. 151p. 1989.

PEGADO, C.M.A.; ERADE, L.A.; FÉLIX, L.P.; PEREIRA, M.P. Efeitos da invasão biológica de algaroba - *Prosopis juliflora* (Sw.) DC. sobre a composição e a estrutura do estrato arbustivo-arbóreo da caatinga no Município de Monteiro, PB, Brasil. **Acta bot. Bras**, v. 20 (4), p. 887-898. 2006.

PEREIRA, J. C. D.; STURION, J. A.; HIGA, A. R.; HIGA, R. C. V.; SHIMIZU, J. Y. **Características da madeira de algumas espécies de eucalipto plantadas no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas Documentos 38, 113p. 2000.

PINEDA-GARCÍA, F.; PAZ, H.; MEINZER, F. C.; ANGELES, G. Exploiting water versus tolerating drought: water-use strategies of trees in a secondary successional tropical dry forest. Goldstein G, editor. **Tree Physiol**, v. 36(2), p. 208-217. 2015. Disponível em: <https://academic.oup.com/treephys/article-lookup/doi/10.1093/treephys/tpv124>. Acessado em 10/12/2016.

RAVEN, H. P.; EVERT, R. F.; EICHHORN, S. E. **Biologia Vegetal**. Rio de Janeiro. Editora Guanabara Koogan. 738p. 1996.

RIBASKI, J.; LIMA, P. C. L.; OLIVEIRA, V. R.; DRUMOND, M. A. **Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*) árvore de múltiplo uso no Brasil**. Colombo: Embrapa Florestas, Comunicado técnico, 104, 4p. 2003.

ROCHA, M. F. V. **Influência do espaçamento e da idade na produtividade e propriedades da madeira de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus camaldulensis* para energia**. Dissertação de Mestrado em Ciência Florestal. Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa-MG. 71p. 2011.

RODRIGUES, R. A. D. **Variabilidade de propriedades físico-mecânicas em lotes de madeira serrada de eucalipto para a construção civil**. Dissertação de Mestrado Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz – ESALQ. Piracicaba-SP. 76p. 2002.

RODRIGUEZ, L. C. E.; BUENO, A. R. S.; RODRIGUEZ, F. Rotações de eucaliptos mais longas: análises volumétrica e econômica. **Scientia Forestalis**, n. 51, p. 15-28. 1997.

ROQUE, R. M.; TOMAZELLO FILHO, M. Variações na estrutura da anatomia do lenho de árvores de *Gmelina arborea* Roxb.(Verbenaceae) de clima tropical seco e úmido na Costa Rica. **Scientia Forestalis**, v. 37, n. 83, p. 273-285. 2009.

SALIBA, E. O. S.; RODRIGUEZ, N. M.; MORAIS, S. A. L.; PILÓ-VELOSO, D. Ligninas – Métodos de obtenção e caracterização química. **Ciência Rural**, v. 31, n. 5, p. 917-928. 2001.

SÃO PAULO. **Resolução nº 10 SAA, de 11 de julho de 2003**. Diário Oficial do Estado de São Paulo, São Paulo, SP. 2003. Disponível em:

http://www.codeagro.sp.gov.br/arquivos/selo/saa_1031a0ff69a85454e1cde89c327ac490f5.pdf.
Acessado em 28/12/2016.

SAMPAIO, E. V. S. B. Caracterização do Bioma Caatinga - características e potencialidades. In: GARIGLIO, M. A.; SAMPAIO, E. V. S. B.; CESTARO, L. A.; KAGEYAMA, P. Y. (Eds.). **Uso Sustentável e Conservação dos Recursos Florestais da Caatinga**. Serviço Florestal Brasileiro, Brasília, p. 27–96. 2010.

SANTANA, W. M. S. **Crescimento, produção e propriedades da madeira de um clone de *Eucalyptus greis* e *Eucalyptus urophylla* com enfoque energético**. Dissertação de Mestrado em Ciência e Tecnologia da Madeira. Universidade Federal de Lavras – UFL. Lavras-MG. 104p. 2009.

SANTOS, M. A. S. Parâmetros de qualidade do carvão vegetal para uso em alto-forno. In: **Fórum Nacional sobre Carvão Vegetal, 1., 2008, Belo Horizonte**. Belo Horizonte: UFMG. 2008.

SANTOS, M. A. S. **Parâmetros da qualidade da madeira e do carvão vegetal de clones de eucalipto**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Lavras – UFL. Lavras-MG. 173p. 2010.

SASS, J. E. **Botanical microtechnique**. Iowa: State College Press. 228p. 1951.

SILVA, J. C. **Caracterização da madeira de *Eucalyptus greis* Hill ex. Malden, de diferentes idades, viseo a sua utilização na indústria moveleira**. Tese de Doutorado em Tecnologia e Utilização de Produtos Florestais. Universidade Federal do Paraná – UFPA. Curitiba-PR. 181p. 2002.

SHIMOYAMA, V. R. S. **Variações da densidade básica e características anatômicas e químicas da madeira de *Eucalyptus* sp.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Florestal da Universidade Federal de São Paulo – ESALQ. Piracicaba-SP. 93p. 1990.

SILVA, M. G. **Produtividade, idade e qualidade da madeira de *Eucalyptus* destinada à produção de polpa celulósica branqueada**. Dissertação de Mestrado em Tecnologia de Produtos Florestais – ESALQ. Piracicaba-SP. 95p. 2011.

SJÖSTRÖM, E. **Wood Chemistry – Fundamentals e applications**. Academic Press. Inc. 293p. 1992.

SJÖSTRÖM, E.; WESTERMARK, U. Chemical composition of Wood e pulps: Basic constituents na their distribution. In: SJÖSTRÖM, E.; ALÉN, R. (ed.). **Analytical methods in Wood chemistry, pulping, e papermaking**. Berlin: Springer-Verlag. 316p. 1999.

SOUZA JÚNIOR, W. P. **Propriedades físicas, mecânicas e anatômicas das madeiras de *Eucalyptus cloeziana* e de *Eucalyptus urophylla* oriundas dos municípios de turmalina e de Paraopeba (MG)**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa-MG. 64p. 2004.

TAPPI TECHNICAL DIVISIONS E COMMITTEES. **TAPPI test methods**. Atlanta, 46p. 1998.

TELMO, C.; LOUSADA, J. The explained variation by lignin e extractive contents on higher heating value of wood. **Biomass e Bioenergy**, v. 35, p. 1663-1667. 2011.

TEXEIRA, B. M. R. **Variabilidade Radial e Longitudinal de propriedades da madeira do angico-vermelho (*Anadenanthera peregrina* (L.) Speg.)**. Dissertação de Mestrado em Ciências Florestais da Universidade Federal de Viçosa – UFV. Viçosa-MG. 77p. 2008.

TOMAZELLO FILHO, M. **Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus greis***. IPEF, v. 29, p. 37-45. 1985a.

_____. **Variação radial da densidade básica e da estrutura anatômica da madeira de *Eucalyptus gummifera*, *E. microcorys* e *E. pilularis***. IPEF, v. 30, p. 45-54. 1985b.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MENDES, L. M. Influência da idade nas características físico-químicas e anatômicas da madeira de *Eucalyptus saligna*. **Cerne**, v. 2, n. 1. 1996.

TRUGILHO, P. F.; LIMA, J. T.; MORI, F. A.; LINO, A. L. Avaliação de clones de *Eucalyptus* para produção de carvão vegetal. **Cerne**, v. 7, n.2, p. 104-114. 2001.

TSOUMIS, G. **Science e technology of wood: Structure, properties e utilization**. New York: Van Nastrnd Reinold. 494p. 1991.

VITAL, B. R. **Métodos de determinação de densidade da madeira**. Viçosa-MG: SIF (Boletim Técnico), 21p. 1984.

WADT, P. G. S.; NOVAIS, R. F.; ALVAREZ, V. H.; BARROS, N. F.; DIAS, L. E. **Variação no estado nutricional de eucaliptos por influência do material genético e da idade da árvore**. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, v. 34, n. 10, p. 1797-1803. 1999.

WILKES, J. Variations in Wood anatomy within of *Eucalyptus*. **Iawa Bulletin**, v. 9, n. 1, p. 13-23. 1988.

YANG, Y.; GUAN, H.; BATELAAN, O.; MCVICAR, T. R.; LONG, D.; PIAO, S. Contrasting responses of water use efficiency to drought across global terrestrial ecosystems. **Scientific Reports**, v. 6, Article number: 23284. 2016. Disponível em: <http://www.nature.com/articles/srep23284>. Acessado em 10/12/2016.

ZENNI, R. D.; ZILLER, S. R. An overview of invasive plants in Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v. 34 (3), p. 431-446. 2011.

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

CONCLUSÕES E SUGESTÕES

O escopo da construção desta tese de doutorado originou-se de um problema verificado no campo da observação, a ameaça de desaparecimento de algumas espécies de madeiras nobres da Caatinga. Para a solução dessa pergunta inicial buscou-se uma proposta de estudo trans-e-interdisciplinar, para ampliar as estratégias de conservação das espécies nativas e aumentar o tempo de uso das madeiras. A pergunta inicial, portanto, é intrinsecamente antropocêntrica, onde o homem do campo revela suas preferências na escolha das espécies de madeira da Caatinga para fins de construção de suas cercas, enquanto em seu bojo revelaram-se as técnicas nativas de conservação e construção de cercas em propriedades rurais do NEB. Como ferramenta socioambiental, utilizou-se o conhecimento popular existente quanto à conservação das madeiras utilizadas nas construções de cercas pelos proprietários rurais da região de Paulo Afonso, Bahia. Nesta etapa, foram reveladas oito (8) espécies, sendo uma (1) espécie exótica e invasora em um ranking de preferência na construção e manutenção das cercas para diferentes fins de uso da terra.

O estudo interdisciplinar envolveu análises de anatomia, química e física da madeira, assim como questões relacionadas ao clima local e influências de eventos climáticos extremos (ENSO e TSA), o que suscitou na integração de diferentes laboratórios da UFS, UFV e IANIGLA (Argentina). Este esforço resultou em avanços na construção das cronologias e análises das influências climáticas sobre o desenvolvimento das espécies avaliadas, através do esforço dos laboratórios de dendrocronologia da Universidade Federal de Sergipe (UFS-SE) em parceria com o IANIGLA. Da mesma forma, os resultados físicos (mecânicos) da estrutura das madeiras, informações químicas quanto à constituição orgânica e potenciais energéticos, como também as informações anatômicas da estrutura do lenho, sua capacidade de reserva e uso da água, foram obtidas a partir dos laboratórios de estudos tecnológicos da madeira da Universidade Federal de Viçosa (UFV-MG).

A partir da construção das cronologias de anéis de crescimento de espécies ocorrentes nas cercas das propriedades rurais avaliadas, foi possível obter informações precisas quanto ao crescimento e dinâmica de uso dessas madeiras, o que ficou demonstrado através dos resultados obtidos para ambas as espécies estudadas. Da mesma forma, os estudos relacionados à qualidade das madeiras, diante dos aspectos físicos, químicos e anatômicos, foram necessários para compreender definitivamente quais as estratégias adaptativas desenvolvidas por cada espécie avaliada, dada a condição limítrofe sob a qual se encontram no semiárido, seja pelo rigor hídrico

imposto pelo clima local, seja pela exploração madeireira realizada pelos produtores rurais a partir dos processos de poda e dinâmica de corte impostas sobre as árvores remanescentes.

As estratégias de uso e conservação das madeiras praticadas pelos proprietários rurais, em hipótese, foram testadas aleatoriamente quanto à existência de preferência de escolha dessas madeiras. A espécie *Schinopsis brasiliensis*, vernaculamente conhecida como Braúna na região, é uma espécie nativa que se encontra em risco iminente de desaparecimento (esgotamento) na região NEB, tendo sua classificação indefinida quanto à extinção. Já a espécie exótica e invasora *Prosopis juliflora*, conhecida pelos produtores rurais como Algaroba, é uma espécie nativa das Américas, com sementes oriundas do Peru e disseminadas no NEB há algumas décadas. A espécie *S. brasiliensis* foi escolhida por se tratar da mais importante espécie nativa avaliada neste estudo, quanto as suas características estruturais, anatômicas, dendroecológicas e respostas ao clima local e eventos de magnitude global (TSA e ENSO). Pesou também sobre essa escolha o fato de ser essa espécie de maior potencial de risco quanto ao seu esgotamento no bioma Caatinga, em função das reconhecidas qualidades naturais de resistência de suas madeiras, o que aumenta ainda mais a pressão de coleta de suas estacas. Já a espécie *P. juliflora* foi escolhida por ser a única espécie exótica presente nas cercas da região avaliada. Essa espécie foi escolhida para fins de análise comparativa com a espécie nativa, com o objetivo de avaliar a qualidade de sua madeira, além das estratégias adaptativas realizadas por essa espécie, assim como os tipos de respostas apresentados em função das condições climáticas sob as quais ambas as espécies estão submetidas no semiárido.

O clima da região oferece rigor hídrico extremo, como é típico de Matas Secas, o que confere às características ambientais, principalmente a precipitação e a temperatura, relevantes contribuições ecológicas em relação aos tipos de respostas adaptativas desenvolvidas por uma espécie nativa em comparação a uma espécie exótica. O objetivo dessas análises foi possibilitar a construção de novas ferramentas de interpretação climática, através da avaliação de espécies presentes no semiárido e que desenvolveram estratégias de vida condicionadas a essa realidade climática, tendo sido obtidas respostas que possibilitaram avanços quanto à interpretação da dinâmica de espécies vegetais frente às possíveis mudanças climáticas existentes no NEB, dadas as respostas verificadas para ambas as espécies que responderam significativamente às variações climáticas locais, eventos climáticos extremos (ENSO) e temperatura da superfície do mar (TSA). As duas espécies apresentaram problemas relativos aos seus *trade-offs* de crescimento em

função da disponibilidade hídrica, ação da temperatura local e dinâmica climática global. Os efeitos do El Niño e La Niña foram percebidos e diferem quanto às dinâmicas de chuvas anuais e eventos de trovoadas. Sendo as chuvas de verão (trovoadas) fundamentais para o desenvolvimento de ambas as espécies, principalmente para a espécie invasora *P. juliflora* que apresentou diversos “*outliers*” (grandes anéis de crescimento) condicionados a maiores volumes de precipitação anuais.

A estratégia adotada quanto à utilização da Braúna (*S. brasiliensis*) nas cercas das propriedades rurais de Paulo Afonso, Bahia, demonstrou que seu uso se dá de modo sistemático e que os mantenedores de cerca compreendem bem sua dinâmica de corte. No entanto, verifica-se que essas estratégias aplicadas às espécies nativas (não só para a Braúna) têm acelerado o seu esgotamento, tanto pela ausência de qualquer tipo de manejo visando sua conservação, como em função da priorização de uso das estacas a partir do que está disponível na região, priorizando seu custo, e não o uso racional do recurso, sem haver efetiva escolha pela qualidade da madeira, ou mesmo a aplicação de medidas visando maior preservação dessas madeiras para fins de proteção a biodegradação, fazendo com que permaneçam mais tempo em suas cercas, o que reduziria novas retiradas de estacas. Os mantenedores de cerca demonstraram ter grande sabedoria popular em relação ao uso (tipos, construção e duração) desse recurso natural. No entanto, não há prática real de uso sustentável dos recursos ainda existentes, o que ocorre é a compreensão quanto ao seu aproveitamento máximo, o que acaba acontecendo pelo conhecimento prévio dos tipos de madeiras utilizadas e dos intervalos aproximados de tempo necessários para seu uso, o que resulta em consequente substituição das estacas. No entanto, foi possível perceber que a Braúna é utilizada de modo mais “nobre” pelos proprietários rurais, o que acaba acontecendo em função do tempo necessário para que possam retirar os “moirões” dessa espécie, que por serem bem mais largos que as estacas, as árvores de Braúna precisam de muito mais tempo para formá-los, diferentemente do que ocorre com as demais espécies presentes nas cercas avaliadas, tendo sua retirada condicionada à disponibilidade florestal.

A Algaroba (*P. juliflora*) é, de fato, uma espécie que pode ser utilizada como estratégia de substituição das madeiras utilizadas em cercas no NEB, considerando principalmente o ponto de vista econômico e o de redução da pressão de retirada de estacas sobre as espécies nativas ainda presentes nos remanescentes florestais. Essa espécie é favorecida porque a escassez das madeiras nativas acaba ampliando a preferência natural de seu uso pelos produtores rurais locais, que têm

sobre ela grande “admiração”, pois esta tem “ajudado” em sua sobrevivência. Por isso, a escolhem para uso, o que tem potencializado seu avanço no NEB, fazendo com que ganhe cada vez mais espaço na Caatinga e adeptos quanto a sua utilização nas propriedades rurais, seja para uso em construções, cercas ou obtenção de energia. No entanto, o fato é que esta espécie tem ocupado nichos vagos devido à degradação das florestas de Caatinga, e seus mecanismos de dispersão tem sido favorecidos pela atividade extrativista empregada pelas populações locais, visto que o que fazem é a prática constante de controle de poda visando seu maior rendimento quanto ao crescimento e formação de novas estacas. Essa espécie exige manejo, mas não somente o praticado através da percepção do sertanejo, e sim ações efetivas dos órgãos de controle. Os estudos físicos, químicos e anatômicos sugerem que sua estratégia de crescimento está associada diretamente ao desenvolvimento de adaptações que fizeram com que essa espécie pudesse apresentar maiores capacidades de acúmulo de água nos períodos de seca, e, principalmente, sua velocidade de resposta de crescimento (formação do lenho) quando as condições lhe favorecem (ampliação do período chuvoso pelas trovoadas), o que tem proporcionado seu sucesso de ocupação e expansão em áreas degradadas do NEB. Esse resultado requer ações efetivas de controle por parte dos órgãos fiscalizadores e promotores do desenvolvimento tecnológico das práticas agrícolas em nosso país. A espécie *P. juliflora* encontra-se adaptada e em franco processo de expansão na Caatinga o que contribui para o esgotamento das espécies nativas ainda existentes do NEB, caso não haja medidas de controle dessa expansão em curto espaço de tempo.

O ineditismo e a consequente contribuição dada pelas cronologias construídas para as espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora* quanto à dinâmica de seu crescimento em matas secas como a Caatinga, também foi responsável pela ampliação dos conhecimentos relativos à influência dos eventos climáticos extremos El Niño e La Niña sobre o semiárido, e consequentemente o NEB. Esse avanço quanto à compreensão do clima na região também foi percebido através das relações das cronologias com a temperatura da superfície do atlântico (TSA), durante os últimos 60 anos, potencializando novas predições, trazendo importantes inovações à ciência, principalmente, ampliando a capacidade de análise do clima local através de amostras dos fragmentos das madeiras de árvores presentes na região. Esses registros contidos nos anéis de crescimento das espécies *S. brasiliensis* e *P. juliflora*, possibilitaram interpretações bem mais precisas quanto a sua influência, assim como também o avanço quanto ao entendimento desses eventos anômalos, permitiram o entendimento da importância e dinâmica das chuvas de verão, as trovoadas, quanto

ao desenvolvimento de espécies com ocorrência na Caatinga, o que poderá servir para auxiliar futuras tomadas de decisão quanto à conservação e preservação das espécies arbóreas de uso comum em cercas das diversas propriedades rurais localizadas, tanto no semiárido do NEB, como em todo o Brasil e demais regiões do mundo que utilizem essas espécies. Essas informações poderão colaborar para a construção de novas estratégias de uso racional, sustentável dos recursos madeireiros tão escassos e importantes para o desenvolvimento da região Nordeste e de todo o País.

ANEXOS

ANEXO 1



UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
TESE DE DOUTORADO

PROJETO : DIAGNÓSTICO E PROPOSIÇÃO PARA O USO SUSTENTÁVEL DA MADEIRA:

ALTERNATIVAS PARA O USO SUSTENTÁVEL NA CAATINGA

AUTOR: FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR

ORIEN TADOR: PROF. DR. ADAUTO DE SOUZA RIBEIRO

CO-ORIENTADOR: PROF. DR. CLAUDIO SERGIO LISI

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Eu, _____, abaixo qualificado, DECLARO que fui devidamente esclarecido sobre o Projeto desenvolvido por professores e aluno do curso de Doutorado e Desenvolvimento em Meio Ambiente da Universidade Federal de Sergipe que tem o objetivo de investigar sobre o conhecimento e tecnologias a partir do saber dos proprietários rurais (sítios, fazendas, assentamentos etc.) sobre processos de conservação e exploração da madeira utilizada em cercas, cercados e currais, e desenvolver tecnologias de anátodendroecologia sobre as madeiras mais usadas no semiárido nordestino das regiões do baixo São Francisco. Tenho conhecimento dos aspectos relacionados à pesquisa, bem como do sigilo do meu nome em relação aos dados que aqui forneci e/ou que serão coletados e do direito de recusa e desistência em qualquer momento da pesquisa. Assim, consinto voluntariamente em participar deste estudo, e autorizo a utilização dos dados do instrumento que lhe estou respondendo nesta data para os fins a que se destina a pesquisa. Aprovo a utilização de informações como parte fundamental para o desenvolvimento deste trabalho a ser posteriormente divulgado entre a comunidade científica.

Local: _____

Data: ____/____/____

Assinatura do Declarante

Assinatura do Pesquisador

Pesquisadores Responsáveis:

Msc. Francisco de C. Nogueira Júnior

Dr. Adauto de Souza Ribeiro

Dr. Claudio Sergio Lise

e-mail: fjbiologia@gmail.com

e-mail: adautoead@gmail.com

e-mail: clcslisi@gmail.com

ANEXO 2

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
PRÓ-REITORIA GRADUAÇÃO E PESQUISA
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM DESENVOLVIMENTO E MEIO AMBIENTE
ALUNO: Francisco de Carvalho Nogueira Júnior

QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DA COMUNIDADE

Número: _____

1 – Qual o seu nome? _____

1.1 – Qual sua idade? _____

1.2 – Natureza Sexual: () Homem () Mulher

1.3 – Estado Civil: () Solteiro (a) () Casado (a) () Outros _____

1.4 – Já frequentou ou frequenta alguma escola? () Sim () Não

1.4.1 **Se positivo:** Qual a última série que cursou? _____

1.5 – Há quanto tempo mora nessa comunidade? _____

2 – Qual a sua profissão? _____

2.1 – Há quanto tempo desempenha essa profissão? _____

2.2 – Como aprendeu essa profissão?

a) () Com seus pais (família).

b) () Com pessoas da comunidade.

c) () Através de cursos e escolas.

d) () Outras formas _____

2.3 – O senhor(a) usa madeira de sua propriedade para construir e repor a cerca, cercado ou curral?

a) () Sim

b) () Não

Se positivo: 2.3.1 – Quais as madeiras que o senhor(a) utiliza em sua propriedade? _____

Se positivo: 2.3. 2 – Que quantidade (kg) semanal o senhor(a) acredita que retira das matas? _____2.3.3 – O senhor já fez uso de algum crédito rural para reforma de suas cercas, currais ou cercados? () Sim () Não. **Se positivo:** Qual o crédito e banco? _____

2.3.4 – Houve alguma exigência ambiental quanto à compra da madeira que foi utilizada na propriedade?

() Sim () Não. **Se positivo:** Qual a exigência? _____

2.3.2 – As madeiras utilizadas aqui na propriedade são para:

a) () Uso (consumo próprio) da sua família.

b) () Para venda (comércio).

c) () Utilização medicinal.

- d) () Produção de fogo (energia) – lenha.
 e) () Construção de casas, cercas e/ou currais.
 f) Outros meios: _____

2.3.3 – Essa(s) atividade(s) prejudica(m) o meio ambiente (sua propriedade/comunidade)?

- a) () Sim b) () Não

2.3.4 – Por quê? _____

2.3.5 – **Se negativo:** Como o senhor(a) faz já que não utiliza madeiras das matas?

a) _____

3 – Existe alguma nascente presente na(s) mata(s) próxima(s) aqui da comunidade?

- a) () Sim b) () Não

Se positivo: 3.1 – Qual(ais) rio(s) é(são) afetados por essa(s) nascente(s)?

Se positivo: 3.2 – O senhor(a) realiza algum tipo de ação para a manutenção dessa(s) nascente(s)?

- a) () Sim b) () Não

Se positivo: Que tipo de ação: _____

4 – Em relação à floresta (mata) existe algum tipo de ação realizada pela comunidade para a sua manutenção (conservação e/ou preservação)? () Sim () Não

Se positivo: 4.1 – Qual seria essa ação? _____

Se negativo: 4.2 – Por que não existe nenhum tipo de ação? _____

5. Existe retirada de madeira das matas aqui na comunidade: () Sim () Não

Se positivo: 5.1 Qual(ais) o(s) principal(ais) uso(s) dessa(s) madeira? _____

Se positivo: 5.2 Quais os principais tipos de madeira que são utilizados pela comunidade? _____

Se positivo: 5.3 Que ferramenta(s) é(são) utilizada(s) para retirar madeira dessas matas? _____

Se positivo: 5.4 Que quantidade (kg) semanal o senhor(a) acredita que é retirado das matas pela comunidade? _____

Se negativo: 5.5 Como o senhor(a) faz sem a madeira das matas para executar suas atividades diárias?

5.6 Quanto o senhor(a) gasta para repor cada tronco das cercas e/ou currais? _____

6. Em relação ao uso das madeiras na propriedade, existe algum tipo de manejo (ou cuidado) que vocês façam para evitar que essa madeira (recurso) não desapareça?

a) () Sim b) () Não

Se positivo: Qual seria essa ação (ou cuidado)? _____

7. Atualmente existem as mesmas madeiras que existiam 20-30 anos atrás (ou mais)?

a) () Sim b) () Não

Se positivo: Quais as madeiras que o (a) senhor (a) não encontra mais ou está muito difícil de encontrar no meio ambiente? _____

Por quê? _____

8. O senhor(a) acredita que o clima (principalmente as chuvas) do nosso planeta está mudando?

a) () Sim b) () Não

Se positivo: Isso tem relação com a retirada de madeira das matas daqui?

a) () Sim b) () Não

Por quê? _____

b) O senhor(a) acredita que a forma com que vocês utilizam a madeira tem prejudicado o ambiente?

a) () Sim b) () Não

Por quê? _____

10. O que deve ser feito para garantir que as madeiras das matas não desapareçam por completo da região (comunidade)?

OBSERVAÇÕES: _____

Localidade: _____ Data: _____

Responsável: _____ Localização: _____

[illegible]

ANEXO 4

HOSPITAL UNIVERSITÁRIO DE
ARACAJÚ/ UNIVERSIDADE
FEDERAL DE SERGIPE/ HU-



PARECER CONSUBSTANCIADO DO CEP

DADOS DO PROJETO DE PESQUISA

Título da Pesquisa: ALTERNATIVAS TECNOLÓGICAS PARA O USO SUSTENTÁVEL DE MADEIRAS DA CAATINGA EM CERCAS E CURRAIS NO SEMIÁRIDO DO BAIXO SÃO FRANCISCO

Pesquisador: FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR

Área Temática:

Versão: 2

CAAE: 53366816.3.0000.5546

Instituição Proponente:

Patrocinador Principal: Financiamento Próprio

DADOS DO PARECER

Número do Parecer: 1.516.357

Considerações Finais a critério do CEP:

Este parecer foi elaborado baseado nos documentos abaixo relacionados:

Tipo Documento	Arquivo	Postagem	Autor	Situação
Informações Básicas do Projeto	PB_INFORMAÇÕES_BASICAS_DO_PROJETO_662052.pdf	14/04/2016 08:51:43		Aceito
Orçamento	ORCAMENTO.pdf	14/04/2016 08:51:16	FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR	Aceito
TCLE / Termos de Assentimento / Justificativa de Ausência	TCLE.pdf	14/04/2016 08:50:12	FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR	Aceito
Cronograma	CRONOGRAMA.pdf	14/04/2016 08:49:42	FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR	Aceito
Projeto Detalhado / Brochura Investigador	Projeto_Tese.pdf	11/02/2016 15:10:01	FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR	Aceito
Folha de Rosto	Folha_Rosto.pdf	11/02/2016 15:09:17	FRANCISCO DE CARVALHO NOGUEIRA JÚNIOR	Aceito

Situação do Parecer:

Aprovado

Necessita Apreciação da CONEP:

Não

ANEXO 5**VOLUME DAS ESTACAS COLETADAS**

N. Ordem	Espécie tipo	Circunferência (m)	Altura da Estaca (h) (m)	C²	C².h	C2.h/4x3,14	Volume (m3)
8	ALGARوبا	0,38	1,97	0,1444	0,2845	0,2234	0,223
14	ALGARوبا	0,34	2,15	0,1156	0,2485	0,1952	0,195
18	ALGARوبا	0,37	2,18	0,1369	0,2984	0,2344	0,234
21	ALGARوبا	0,33	2,26	0,1089	0,2461	0,1933	0,193
26	ALGARوبا	0,23	1,95	0,0529	0,1032	0,0810	0,081
32	ALGARوبا	0,20	1,93	0,0400	0,0772	0,0606	0,061
37	ALGARوبا	0,37	2,08	0,1369	0,2848	0,2236	0,224
71	ALGARوبا	0,38	2,34	0,1444	0,3379	0,2654	0,265
77	ALGARوبا	0,28	1,67	0,0784	0,1309	0,1028	0,103
78	ALGARوبا	0,19	1,62	0,0361	0,0585	0,0459	0,046
72	ALGARوبا	0,39	2,31	0,1521	0,3514	0,2760	0,276
7	ANGICO	0,23	1,71	0,0529	0,0905	0,0710	0,071
12	ANGICO	0,30	1,67	0,0900	0,1503	0,1180	0,118
13	ANGICO	0,23	1,66	0,0529	0,0878	0,0690	0,069
16	ANGICO	0,36	2,16	0,1296	0,2799	0,2199	0,220
22	ANGICO	0,24	1,89	0,0576	0,1089	0,0855	0,086
24	ANGICO	0,23	2,10	0,0529	0,1111	0,0872	0,087
36	ANGICO	0,24	1,79	0,0576	0,1031	0,0810	0,081
39	ANGICO	0,28	2,03	0,0784	0,1592	0,1250	0,125
48	ANGICO	0,31	1,77	0,0961	0,1701	0,1336	0,134
50	ANGICO	0,39	1,78	0,1521	0,2707	0,2126	0,213
51	ANGICO	0,51	2,36	0,2601	0,6138	0,4821	0,482
62	ANGICO	0,29	1,69	0,0841	0,1421	0,1116	0,112
63	ANGICO	0,42	1,87	0,1764	0,3299	0,2591	0,259
68	ANGICO	0,41	2,15	0,1681	0,3614	0,2839	0,284
85	ANGICO	0,26	1,77	0,0676	0,1197	0,0940	0,094
86	ANGICO	0,20	1,74	0,0400	0,0696	0,0547	0,055
70	ANGICO	0,34	2,26	0,1156	0,2613	0,2052	0,205
75	AROEIRA	0,27	1,77	0,0729	0,1290	0,1013	0,101
76	AROEIRA	0,25	1,78	0,0625	0,1113	0,0874	0,087
54	AROEIRA	0,44	1,83	0,1936	0,3543	0,2783	0,278
4	BRAUNA	0,36	1,55	0,1296	0,2009	0,1578	0,158
20	BRAUNA	0,29	1,59	0,0841	0,1337	0,1050	0,105
25	BRAUNA	0,32	2,05	0,1024	0,2099	0,1649	0,165
29	BRAUNA	0,32	1,94	0,1024	0,1987	0,1560	0,156
31	BRAUNA	0,21	1,98	0,0441	0,0873	0,0686	0,069

33	BRAUNA	0,32	1,89	0,1024	0,1935	0,1520	0,152
47	BRAUNA	0,32	1,72	0,1024	0,1761	0,1383	0,138
53	BRAUNA	0,38	2,05	0,1444	0,2960	0,2325	0,232
58	BRAUNA	0,46	1,35	0,2116	0,2857	0,2244	0,224
60	BRAUNA	0,38	1,81	0,1444	0,2614	0,2053	0,205
65	BRAUNA	0,25	2,03	0,0625	0,1269	0,0996	0,100
66	BRAUNA	0,35	2,01	0,1225	0,2462	0,1934	0,193
81	BRAUNA	0,31	1,88	0,0961	0,1807	0,1419	0,142
82	BRAUNA	0,28	1,73	0,0784	0,1356	0,1065	0,107
67	BRAUNA	0,37	1,78	0,1369	0,2437	0,1914	0,191
40	CATINGUEIRA	0,26	1,66	0,0676	0,1122	0,0881	0,088
57	CATINGUEIRA	0,29	1,67	0,0841	0,1404	0,1103	0,110
79	CATINGUEIRA	0,26	1,77	0,0676	0,1197	0,0940	0,094
80	CATINGUEIRA	0,24	1,76	0,0576	0,1014	0,0796	0,080
59	CATINGUEIRA	0,23	1,53	0,0529	0,0809	0,0636	0,064
1	JUREMA	0,35	1,44	0,1225	0,1764	0,1385	0,139
11	JUREMA	0,19	1,74	0,0361	0,0628	0,0493	0,049
17	JUREMA	0,19	1,62	0,0361	0,0585	0,0459	0,046
28	JUREMA	0,17	1,88	0,0289	0,0543	0,0427	0,043
30	JUREMA	0,22	1,81	0,0484	0,0876	0,0688	0,069
34	JUREMA	0,28	1,98	0,0784	0,1552	0,1219	0,122
41	JUREMA	0,18	1,79	0,0324	0,0580	0,0455	0,046
42	JUREMA	0,23	1,91	0,0529	0,1010	0,0794	0,079
44	JUREMA	0,20	1,87	0,0400	0,0748	0,0587	0,059
45	JUREMA	0,19	2,01	0,0361	0,0726	0,0570	0,057
46	JUREMA	0,17	1,78	0,0289	0,0514	0,0404	0,040
83	JUREMA	0,25	1,70	0,0625	0,1063	0,0834	0,083
84	JUREMA	0,23	1,73	0,0529	0,0915	0,0719	0,072
64	JUREMA	0,16	1,89	0,0256	0,0484	0,0380	0,038
2	PAUDARCO	0,49	1,75	0,2401	0,4202	0,3300	0,330
9	PAUDARCO	0,25	1,47	0,0625	0,0919	0,0722	0,072
10	PAUDARCO	0,39	1,62	0,1521	0,2464	0,1935	0,194
19	PAUDARCO	0,31	2,05	0,0961	0,1970	0,1547	0,155
55	PAUDARCO	0,37	1,71	0,1369	0,2341	0,1839	0,184
73	PAUDARCO	0,30	1,50	0,0900	0,1350	0,1060	0,106
74	PAUDARCO	0,33	1,57	0,1089	0,1710	0,1343	0,134
56	PAUDARCO	0,44	2,21	0,1936	0,4279	0,3360	0,336
3	PEREIRO	0,21	1,61	0,0441	0,0710	0,0558	0,056
5	PEREIRO	0,24	1,83	0,0576	0,1054	0,0828	0,083
6	PEREIRO	0,33	1,63	0,1089	0,1775	0,1394	0,139
15	PEREIRO	0,24	1,56	0,0576	0,0899	0,0706	0,071

23	PEREIRO	0,25	1,78	0,0625	0,1113	0,0874	0,087
27	PEREIRO	0,26	1,82	0,0676	0,1230	0,0966	0,097
35	PEREIRO	0,18	1,92	0,0324	0,0622	0,0489	0,049
38	PEREIRO	0,36	1,86	0,1296	0,2411	0,1893	0,189
43	PEREIRO	0,29	2,11	0,0841	0,1775	0,1394	0,139
49	PEREIRO	0,21	1,89	0,0441	0,0833	0,0655	0,065
52	PEREIRO	0,37	1,89	0,1369	0,2587	0,2032	0,203
61	PEREIRO	0,21	1,71	0,0441	0,0754	0,0592	0,059
69	PEREIRO	0,36	1,88	0,1296	0,2436	0,1914	0,191
87	PEREIRO	0,21	1,68	0,0441	0,0741	0,0582	0,058
88	PEREIRO	0,18	1,71	0,0324	0,0554	0,0435	0,044

TOTAL GERAL

ESPÉCIE TIPO	(SOMA)	VOLUME (m3)	Volume Total (m3)
ALGAROBA	1,901	1,9007	11,812
ANGICO	2,692	2,6920	
AROEIRA	0,467	0,4667	
BRAUNA	2,336	2,3364	
CATINGUEIRA	0,435	0,4354	
JUREMA	0,941	0,9411	
PAUDARCO	1,510	1,5099	
PEREIRO	1,530	1,5303	

ANEXO 6

ÍNDICES DOS DADOS CLIMÁTICOS LOCAIS

		Precipitação Trimestral											
		JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
1962	1963	0,34	-0,05	-0,24	0,75	0,38	-0,19	-0,20	0,04	0,21	0,43	-0,02	0,08
1963	1964	-0,76	-0,80	-0,79	-0,19	2,05	3,21	3,46	2,36	1,40	0,38	0,44	0,37
1964	1965	0,14	-0,05	0,67	-0,19	-0,50	-0,64	-0,14	1,03	1,39	0,79	-0,76	-1,35
1965	1966	-1,01	-0,55	-0,45	-0,93	-1,04	-0,47	-0,14	-0,34	1,28	1,22	2,19	0,55
1966	1967	0,63	0,55	-0,26	1,60	1,75	0,84	0,33	0,13	0,79	0,93	0,55	0,33
1967	1968	-0,30	-0,05	-0,12	-0,35	1,16	0,39	0,00	-0,80	-0,13	0,30	0,47	-0,30
1968	1969	-0,82	-1,22	-0,08	0,71	-0,29	-0,45	-0,37	1,17	0,94	1,21	0,06	1,69
1969	1970	1,52	1,37	-1,30	-1,20	-0,70	0,33	0,03	0,02	-1,10	-1,19	-1,44	-1,10
1970	1971	-0,67	-0,49	0,33	1,08	0,16	-0,72	-1,18	-1,00	0,12	0,57	0,68	-0,47
1971	1972	-0,97	-0,61	-0,30	-0,32	-1,07	0,03	1,99	2,01	1,31	0,06	1,02	2,23
1972	1973	1,95	0,79	-0,60	-1,12	1,74	2,11	1,29	-0,15	-0,65	-0,20	-0,07	-0,19
1973	1974	-0,33	0,73	2,23	1,28	-0,33	-0,41	0,11	1,64	2,39	2,17	0,61	-0,19
1974	1975	-0,28	0,15	1,18	2,18	1,32	0,50	-0,20	-0,50	0,13	0,78	1,62	1,86
1975	1976	1,41	1,49	-0,35	-0,69	-0,94	-1,11	-0,50	-0,73	-0,55	-1,10	-1,05	-1,54
1976	1977	-1,70	-1,68	0,21	1,01	0,59	0,96	0,28	-0,22	-0,85	-0,48	0,31	0,45
1977	1978	0,80	0,53	-0,32	-1,13	1,20	0,63	2,33	2,27	2,38	1,17	0,37	0,94
1978	1979	-0,11	-0,13	-0,19	-0,22	-0,23	0,79	0,44	0,44	-0,15	0,12	-0,07	-0,28
1979	1980	-0,66	-0,97	-1,47	-1,03	-1,04	1,84	2,48	2,31	0,03	-1,50	-1,42	-1,25
1980	1981	-1,09	-1,07	-0,29	0,10	-0,47	-0,21	-0,51	0,16	-0,17	-0,27	-1,11	-1,77
1981	1982	-1,70	-1,84	-1,39	0,63	1,06	0,35	-0,49	-1,28	-1,24	-0,96	-0,63	-0,94
1982	1983	-1,46	-1,72	-1,42	-1,26	-0,85	-0,53	0,33	0,21	0,04	-1,04	-1,24	-1,79
1983	1984	-1,43	-1,37	-0,80	-1,26	-1,17	-1,28	-1,15	-0,90	-0,59	-0,14	-0,43	-0,15
1984	1985	-0,02	1,76	1,09	-0,09	-1,17	0,05	0,16	0,55	0,93	0,91	1,18	0,94
1985	1986	2,02	2,54	1,16	-0,42	0,81	0,45	0,36	0,70	0,65	0,74	-0,44	-0,17
1986	1987	-0,20	-0,12	3,42	2,53	1,11	-0,90	-1,06	-0,68	-0,26	-0,22	-0,20	-0,27
1987	1988	0,03	-0,68	-1,48	-1,01	-1,04	-1,20	-1,15	-0,65	1,67	1,79	2,29	0,32
1988	1989	1,03	0,33	0,01	0,28	-0,01	-0,18	-0,59	-0,26	-0,03	0,18	0,01	0,14
1989	1990	0,57	0,76	0,84	0,26	-0,06	-0,73	-0,89	-1,05	-0,77	0,35	1,20	2,91
1990	1991	2,90	2,82	-0,03	1,23	2,24	1,26	0,40	-0,66	-0,77	-0,98	-0,69	-0,17
1991	1992	0,54	1,02	0,86	0,48	-0,46	-0,88	-1,16	-0,75	-0,95	0,16	0,29	1,24
1992	1993	0,58	0,48	-0,03	0,85	0,27	0,01	-0,01	-0,52	-0,92	-1,57	-1,00	-0,84
1993	1994	-0,57	-1,04	0,59	0,00	-0,50	-0,25	-0,36	0,00	-0,34	0,09	0,76	1,04
1994	1995	1,02	-0,16	-0,81	-0,22	-0,51	-0,73	-0,47	-0,47	-0,57	-0,81	-0,17	0,45
1995	1996	0,80	-0,35	-1,07	-0,27	-0,49	-0,69	-0,98	-1,18	1,13	1,37	2,08	-0,42
1996	1997	-0,22	-0,51	-0,54	0,36	-0,21	0,77	0,02	0,83	0,76	1,45	0,71	0,28

1997	1998	-0,37	-0,20	-0,60	-0,30	-0,34	-0,29	-0,73	-1,03	-1,62	-1,65	-1,27	-0,81
1998	1999	-0,32	-0,35	-0,86	-1,03	-0,85	-1,04	-0,94	-1,22	-1,50	-1,26	-0,99	-0,60
1999	2000	-0,55	-0,26	1,00	3,14	2,79	2,31	1,50	0,90	0,61	-0,39	-0,41	-1,03
2000	2001	-0,68	-0,39	0,12	0,38	0,29	-0,21	-0,69	-0,39	-0,58	-0,63	-1,41	-0,67
2001	2002	0,20	0,59	0,29	-0,58	0,03	1,91	2,00	1,31	-0,58	-1,28	-0,77	-0,30
2002	2003	-0,12	-0,53	-1,22	-1,19	-1,09	0,18	0,23	0,22	-0,93	-1,08	-1,28	-1,21
2003	2004	-1,44	-1,29	-1,04	-0,93	-1,01	1,32	1,03	1,29	-0,75	-0,10	-0,11	0,28
2004	2005	-0,52	-0,82	-0,43	-0,83	-0,95	-0,87	-0,37	1,58	2,37	2,31	0,86	0,78
2005	2006	1,10	0,60	-0,19	-0,69	-0,34	-0,68	-0,55	-0,56	-0,56	-0,49	0,26	1,47
2006	2007	1,97	1,68	1,24	0,78	-0,43	-1,07	-0,48	-0,16	0,00	-0,04	-0,06	0,03
2007	2008	0,13	0,15	0,48	-0,78	-0,54	-0,83	-0,39	-0,20	0,14	0,16	-0,25	0,27
2008	2009	0,41	0,80	-0,50	-1,14	1,25	0,52	0,17	-1,27	-0,13	1,43	2,32	1,52
2009	2010	0,39	-0,06	2,41	0,72	0,64	-0,39	-0,27	-0,40	0,38	0,52	0,73	-0,16
2010	2011	-0,16	0,15	0,60	-0,23	-0,69	-0,72	-0,42	-0,11	-0,40	-0,39	-0,93	-0,73
2011	2012	-1,02	-0,68	-0,48	-0,67	-0,94	-1,26	-0,71	-0,95	-1,22	-1,62	-1,39	-1,04
2012	2013	-0,77	-0,29	-0,40	-0,62	-1,00	-0,60	-0,76	-1,01	-1,24	-0,88	-0,66	-0,33
2013	2014	-0,37	0,19	0,89	0,27	0,80	-0,43	-0,39	-0,88	-0,74	-0,50	-0,47	-0,13
2014	2015	0,10	0,85	0,43	0,28	-0,40	-0,81	-0,66	-0,85	-0,77	-0,77	-0,25	0,02

Índices criados a partir das séries históricas disponibilizadas no site do INMET e acessados em:
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

		Temperatura Compensada Média Trimestral											
		JJA	JAS	ASO	SON	OND	NDJ	DJF	JFM	FMA	MAM	AMJ	MJJ
1962	1963	-0,77	-0,01	0,53	0,37	0,22	0,77	0,84	0,70	0,32	-0,11	-0,34	-0,45
1963	1964	-0,13	0,25	0,44	0,31	-0,67	-1,51	-1,65	-1,33	-1,41	-1,43	-1,25	-0,87
1964	1965	-0,85	-1,15	-1,21	-0,58	0,70	0,47	0,68	0,83	0,88	0,98	0,73	1,31
1965	1966	1,10	0,80	0,52	0,66	0,87	0,99	-0,29	-0,27	-1,30	-1,12	-1,88	-1,98
1966	1967	-2,13	-2,32	-1,82	-1,69	-0,74	-0,01	0,69	1,01	0,05	-0,98	-1,54	-1,50
1967	1968	-1,26	-1,18	-1,59	-0,92	-1,13	-0,92	-0,76	-0,54	-0,14	-0,91	-1,41	-2,10
1968	1969	-1,87	-1,41	-0,75	-0,88	-0,48	-0,60	-0,21	-0,48	-0,85	-0,98	-0,64	-0,99
1969	1970	-1,04	-1,59	-1,79	-1,27	-2,00	-1,56	-1,43	-0,43	0,34	0,99	1,65	1,14
1970	1971	0,46	0,14	0,87	1,06	1,33	0,75	0,13	-0,31	-0,64	-0,44	-0,08	0,44
1971	1972	1,25	1,23	1,16	0,59	0,11	0,21	0,14	0,12	-0,07	-0,32	-0,56	-0,71
1972	1973	-0,72	-0,72	-0,53	-0,33	-0,21	-0,87	-0,34	0,35	0,87	0,86	0,64	0,94
1973	1974	1,15	0,25	-0,65	-0,93	0,63	1,05	0,27	-0,65	-0,85	-0,79	-0,48	-0,95
1974	1975	-0,82	-0,86	0,21	-1,29	-0,86	-1,29	0,01	-0,15	0,01	-0,73	-1,11	-1,92
1975	1976	-1,91	-2,21	-1,58	-0,60	0,41	0,40	-0,11	0,07	-0,03	0,72	1,02	1,53
1976	1977	1,81	1,85	0,34	-0,91	-1,38	-1,09	-1,13	-0,48	0,11	0,26	-0,47	-0,89
1977	1978	-1,00	-1,04	-0,81	0,14	-0,38	-0,86	-1,92	-2,19	-2,03	-1,63	-0,82	-0,46
1978	1979	-0,07	-0,02	-0,41	-0,47	-0,44	-0,67	-0,78	-0,20	-0,26	-0,33	-0,81	-0,74

1979	1980	-0,04	0,50	0,98	0,65	0,86	0,18	-1,28	-2,00	-1,40	0,51	1,48	1,50
1980	1981	1,43	1,57	0,98	-0,08	-0,38	-0,32	-0,03	-0,85	-1,43	-1,36	-0,37	0,72
1981	1982	0,92	0,42	0,45	0,22	0,44	-0,14	-0,30	-0,18	0,01	0,01	0,27	0,64
1982	1983	1,27	1,27	1,09	0,75	0,36	-0,01	-0,89	-0,60	-0,14	1,37	1,85	2,56
1983	1984	2,60	2,62	2,24	1,98	0,98	0,88	0,94	0,64	-0,25	-0,73	-0,21	0,75
1984	1985	1,39	1,25	1,45	0,79	1,16	-0,61	-2,21	-3,30	-3,36	-2,19	-1,28	-0,46
1985	1986	0,26	0,81	1,59	0,96	-1,75	-2,15	-1,43	-0,49	-0,80	-1,09	-0,50	-0,20
1986	1987	0,23	0,32	-0,50	-0,65	-0,96	0,54	0,82	0,89	0,24	0,44	0,63	1,12
1987	1988	1,01	1,46	2,45	2,72	2,34	2,16	1,81	1,03	0,30	-1,53	-1,71	-1,41
1988	1989	-0,83	-1,10	-1,69	-1,25	-1,39	-1,34	-0,17	0,52	0,37	-0,42	-0,53	-0,16
1989	1990	0,14	0,23	0,09	0,27	0,00	0,02	-0,29	-0,24	-0,36	-0,37	-0,29	-0,15
1990	1991	0,06	0,05	0,07	-0,01	-0,08	-0,05	-0,04	0,06	0,06	0,05	0,02	-0,01
1991	1992	-0,01	-0,01	-0,01	0,00	0,01	0,15	0,27	0,35	0,49	0,47	0,33	0,14
1992	1993	-0,07	-0,06	-0,09	0,02	0,11	-0,33	-0,34	0,14	1,19	1,90	1,44	0,86
1993	1994	0,51	0,84	0,44	-0,23	-0,82	0,16	0,90	0,69	0,51	0,03	-0,12	-0,60
1994	1995	-0,93	-1,15	-0,99	-1,20	-0,47	0,06	0,85	1,05	0,84	0,88	0,03	-0,30
1995	1996	-1,04	-0,97	-0,36	-0,75	0,11	0,04	1,18	1,45	0,98	0,05	-1,03	-0,14
1996	1997	-0,35	0,09	-0,36	-0,04	0,13	-0,21	0,20	-0,11	-0,86	-1,35	-1,04	-0,60
1997	1998	-0,45	0,29	1,57	2,42	1,95	1,65	2,19	1,02	1,62	1,55	1,80	0,96
1998	1999	0,38	0,60	1,00	1,34	1,46	1,45	1,15	1,14	1,56	1,51	1,18	0,59
1999	2000	0,17	-0,20	-1,40	-2,17	-2,61	-1,98	-1,53	-1,02	-0,59	0,15	0,42	0,59
2000	2001	0,55	0,35	-0,13	-1,10	-1,64	-1,54	-0,38	0,26	0,54	1,31	1,44	1,31
2001	2002	-0,20	-0,39	-0,47	0,31	0,04	-1,57	-2,30	-2,61	-1,90	-0,96	-0,47	-0,02
2002	2003	0,01	0,72	0,86	1,07	0,71	1,12	0,34	0,27	0,46	1,35	1,49	1,15
2003	2004	1,13	1,04	0,55	-0,42	-0,27	-0,70	-1,07	-1,04	0,04	1,07	0,73	0,30
2004	2005	-0,14	-0,10	0,05	0,39	0,91	1,05	0,86	0,58	-0,02	-0,70	-1,13	-1,39
2005	2006	-1,47	-0,96	0,04	1,36	0,75	0,49	0,95	1,30	1,52	0,81	-0,03	-0,96
2006	2007	-1,33	-1,22	-0,71	-0,34	0,90	1,74	1,20	-0,04	-0,55	-0,73	-0,18	-0,05
2007	2008	-0,16	-0,43	-1,06	-0,33	0,32	0,75	0,41	0,05	-0,22	-0,38	-0,30	-0,50
2008	2009	-0,43	-0,29	0,03	1,02	1,06	1,29	0,76	1,36	1,02	0,15	-0,94	-0,85
2009	2010	-0,54	0,03	0,44	1,14	0,82	0,49	0,69	0,98	0,92	0,75	0,06	0,15
2010	2011	-0,29	-0,58	-0,55	0,17	0,85	0,78	0,61	0,63	0,60	0,06	0,18	0,21
2011	2012	0,76	0,09	-0,19	-1,18	-0,11	0,43	0,72	0,65	1,00	1,61	1,78	1,20
2012	2013	0,50	-0,32	-0,97	-0,37	0,18	0,82	0,71	0,03	0,51	0,26	1,31	0,93
2013	2014	1,20	0,88	0,61	-0,39	-1,31	-0,98	-0,27	0,01	0,13	-0,33	-0,03	0,17
2014	2015	0,55	0,35	-0,42	-0,36	-0,64	0,38	0,80	1,34	2,00	1,79	1,06	0,14

Índices criados a partir das séries históricas disponibilizadas no site do INMET e acessados em:
<http://www.inmet.gov.br/portal/index.php?r=bdmep/bdmep>

ANEXO 7**IMAGENS DOS DIVERSOS TRABALHOS REALIZADOS****PROPRIEDADES RURAIS EM PAULO AFONSO-BAHIA****Estaca de Algaroba****Estaca de Braúna**



Estacas retiradas das cercas



Estaca de Braúna identificada para teste.

PROCEDIMENTOS LABORATORIAIS NA UFV – MINAS GERAIS.



Discos de madeira retirados das estacas



Método de imersão (densidade)



Lascas de madeira das estacas – análise das fibras da madeira



Fibras das estacas



Corpos de prova a partir das estacas



Preparo das amostras - produção das lascas de madeira para acomodação em estufa



Preparo das amostras - moinho martelo



Preparo das amostras - peneiras padrão



Preparo das amostras - peneiração



Preparo das amostras - análise laboratorial